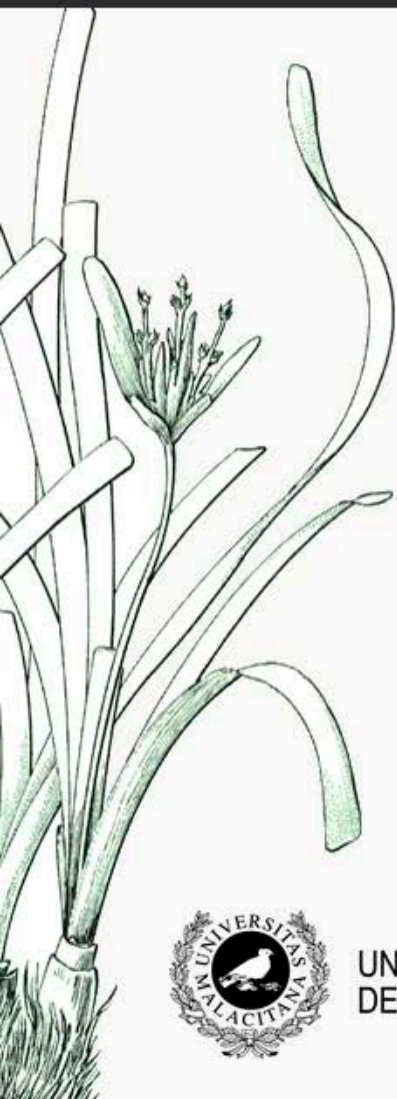


ACTA BOTANICA MALACITANA

Vol. 42, Núm. 2 (2017)



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ACTA BOTANICA MALACITANA es una revista de carácter internacional y de periodicidad anual que tiene por objeto la transmisión de los resultados de trabajos originales relacionados con cualquier campo de la fitología y, especialmente, aquellos dedicados a la sistemática, corología y ecología, aplicados tanto a las disciplinas de la criptogamia como de la fanerogamia.

Accredited with the International Association for Plant Taxonomy for the purpose of registration of all new plant names.

ABM es editada por el Área de Botánica del Departamento de Biología Vegetal y publicada por el Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de la Universidad de Málaga.

Editor especial para este volumen: Ángel Enrique SALVO TIERRA (Universidad de Málaga)

Comité Asesor

Alba Luz ARBELÁEZ (*Universidad de Antioquía, Colombia*), David BARRINGTON (*Universidad de Massachusetts en Amherst, USA*); Noelia HIDALGO TRIANA (*Universidad de Málaga, España*); Jose María GABRIEL Y GALÁN (*Universidad Complutense de Madrid, España*); Ruth Karina HERNÁNDEZ (*Universidad Nacional Autónoma de Honduras, UNAH*); Regina HIRAI (*Instituto de Botânica, Centro de Investigación de Plantas Vasculares Brasil São Paulo*); Emilio LAGUNA LUMBRETERAS (*Centro para la Investigación y Experimentación Forestal - Servicio de Vida Silvestre. Valencia, España*); Blanca LEÓN (*Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú*); Fernando MATOS (*Universidade Federal do Paraná, Brasil*); Aniceto MENDOZA RUIZ (*Universidad Autónoma Metropolitana, México*); Julián MOSTACERO GIANNANGELI (*Universidad Central de Venezuela*); Mónica PALACIOS-RÍOS (*Instituto de Ecología, A.C. - Inbioteca, Universidad Veracruzana, México*); Carmen PRADA MORAL (*Universidad Complutense de Madrid, España*); Alexander ROJAS ALVARADO (*Universidad Nacional de Costa Rica*); Germinal ROUHAN (*Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité, Muséum National d'Histoire Naturelle, France*); Daniel TEJERO DÍEZ (*Universidad Nacional Autónoma de México*); Weston TESTO (*Universidad de Vermont, USA*); Luz Amparo TRIANA MORENO (*Universidad de Caldas, Colombia*)

Secretario de redacción y responsable de versión electrónica: José GARCÍA SÁNCHEZ y E. BAÑARES

Comité Editorial

Elena BAÑARES ESPAÑA (Editora en Jefe); Baltasar CABEZUDO ARTERO; Antonio FLORES MOYA; M. Mar TRIGO; Andrés V. PÉREZ LATORRE; Teresa NAVARRO DEL ÁGUILA; Marta RECIO; Antonio GALÁN DE MERA

Maquetación: M^a Dolores TIRADO

Administración: Eva LINERO

Fotografía portada:

Pteris arbelaeziana A. Rojas

Nueva especie descrita en este volumen

COSTA RICA. San José: Pérez Zeledón, San Gerardo de Rivas, Parque Nacional Chirripó.

Alexánder F. Rojas

Filigranas portada:

- ***Cystoseira tamariscifolia*** (Huds.) Papenf. Tomado de Flora Phycologica Iberica (Vol. 1)
- ***Hedwigia ciliata*** var. ***leucophaea*** Bruch & Schimp. Tomado de Flora Briofítica Ibérica (Vol. V)
- ***Notholaena marantae*** (L.) Desv. subsp. ***marantae***. Tomado de Flora Iberica (Vol. 1)
- ***Abies pinsapo*** Boiss. Tomado de Flora Iberica (Vol. 1)
- ***Limonium malacitanum*** Díez Garretas. Tomado de Trabajos y Monografías 2 (UMA)
- ***Posidonia oceanica*** (L.) Delile. Tomado de Flora Iberica (Vol. 17)

ÁREA DE BOTÁNICA. DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA VEGETAL

FACULTAD DE CIENCIAS

AVDA. LOUIS PASTEUR, 31

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Tel. 95 213 33 42

e-mail: abm@uma.es

29071, MÁLAGA (ESPAÑA)

Publicada en diciembre de 2017

SERVICIO DE PUBLICACIONES

E INTERCAMBIO CIENTÍFICO

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

MÁLAGA (ESPAÑA)

I.S.S.N. 0210 - 9506. Depósito Legal: MA. 338 - 1979.

I.S.S.N. 2340-5074 (Versión electrónica)

Impresa en Andalucía

Pronto se cumplirán cuarenta años de la Reunión Internacional de Pteridología celebrada en Algeciras en Septiembre de 1980. En ella nos dimos citas un centenar de botánicos, coincidiendo jóvenes que se adentraban por primera vez en el mundo de los helechos con los grandes maestros de la pteridología europea. Richard Holttum, Helga Rasbach, Mary Gibby, Betty Molesworth, Tadeus Reichstein o Anne Sleep, apadrinaron así a una nueva generación de pteridólogos cuyas contribuciones han servido para dar una continuidad a una disciplina botánica que a pesar de ser minoritaria ha ofrecido resultados de enorme interés científico.

Acta Botanica Malacitana dedicó su volumen VIII (1983) a las actas de aquella Reunión, siendo uno de los números más referenciados a lo largo de sus más de cuatro décadas de historia. Por todo ello el Consejo Editorial de la revista ha tenido a bien homenajear aquel hito dedicando este volumen especial a la pteridología de hoy como una disciplina viva, a través del cual puede apreciarse que la actividad florística y taxonómica en el mundo de los helechos y sus aliados sigue manteniendo actualidad con un buen número de nuevos taxones descritos o con la aplicación de sofisticadas técnicas que suponen un aliento para el futuro de nuestra ciencia.

Ángel Enrique Salvo Tierra

Editor especial



CONGRESO INTERNACIONAL DE PTERIDOLOGÍA (ALGECIRAS 1980)

(De izquierda a derecha: entre otros Allen, Molesworth, Salvo, Rasbach, Rasbach, Reichstein, Rocha, Amaral, Sleep, Laza, España, Jiménez, Holttum, Gibby, Cubas, de la Cuesta, Mateo, Diez Garretas, Saenz, Costa, Ibars, Asensi, Iranzo, Prada, Corbín, Domínguez, Cabezado, Guerra, Conde).

Acta Botanica Malacitana

Volumen 42, 2017

Contenido

Stomatal traits in Iberian populations of <i>Osmunda regalis</i> (Osmundaceae, Polypodiopsida) and its relationship with bioclimatic variables	5
<i>Mikel LAVILLA, Andrea SERAL, Antonio MURCIANO, Sonia MOLINO, Pablo DE LA FUENTE & José M^a GABRIEL Y GALÁN</i>	
Novedades en <i>Radiovittaria</i> (Benedict) E.H. Crane (Pteridaceae) para el Neotrópico	15
<i>Noveltis in Radiovittaria (Benedict) E.H. Crane (Pteridaceae) from the Neotropics</i> <i>Alexander Francisco ROJAS-ALVARADO</i>	
Diversidad de los helechos y licófitos de Colombia	23
<i>Diversity of ferns and lycophytes of Colombia</i> <i>José MURILLO-A. & M.T. MURILLO-P.†</i>	
El complejo <i>Jamesonia flexuosa</i> (Kunth) Christenh. (Pteridaceae) para el Neotrópico	33
<i>The Jamesonia flexuosa (Kunth) Christenh. complex (Pteridaceae) from the neotropics</i> <i>Alexander Francisco ROJAS-ALVARADO</i>	
Diversity and endemism of tree ferns (Cyatheaceae: Polypodiopsida) in the Central Andes along latitudinal and elevation gradients	41
<i>Diversidad y endemismo de los helechos arborescentes (Cyatheaceae: Polypodiopsida) en los Andes Centrales a lo largo de gradientes de latitud y elevación</i> <i>Adrian TEJEDOR</i>	
A new species of <i>Elaphoglossum</i> Schott Ex J. Sm. (Dryopteridaceae) from Costa Rica	49
<i>Una especie nueva de Elaphoglossum Schott ex J. Sm. Dryopteridaceae) para Costa Rica</i> <i>Alexander Francisco ROJAS-ALVARADO & Pablo Elías MUÑOZ-CAMBRONERO</i>	
Les Ptéridophytes du Maroc : richesse, diversité et état de conservation	53
<i>Los pteridófitos de Marruecos: riqueza, diversidad y estado de conservación</i> <i>Mohamed FENNANE & Mohamed IBN TATTOU</i>	
Dos especies nuevas de <i>Phlegmariurus</i> Holub (Lycopodiaceae) para Costa Rica	67
<i>Two new species of Phlegmariurus Holub (Lycopodiaceae) from costa rica</i> <i>Alexander Francisco ROJAS-ALVARADO y Rafael Rolando CALDERÓN-FALLAS</i>	
Fase gametofítica de las tres variedades de <i>Argyrochosma nivea</i> (Pteridaceae)	71
<i>Gametophytic phase of the three varieties of Argyrochosma nivea (Pteridaceae)</i> <i>Olga G. MARTÍNEZ & Marcela A. HERNÁNDEZ</i>	
Novelties in <i>Lindsaea</i> Dryand. ex Sm. (Lindsaeaceae) from South America	79
<i>Novedades en Lindsaea Dryand. ex Sm. (Lindsaeaceae) para Suramérica</i> <i>Alexander Francisco ROJAS-ALVARADO</i>	
<i>Dryopteris</i> × <i>fraser-jenkinsii</i> Gibby & Widén en Galicia y nuevas localidades de <i>Cystopteris diaphana</i> (Bory) Blasdell para la provincia de A Coruña (NW de la península ibérica)	85
<i>Dryopteris</i> × <i>fraser-jenkinsii</i> Gibby & Widén in Galicia and new localities of <i>Cystopteris diaphana</i> (Bory) Blasdell in A Coruña province (NW Iberian Peninsula) <i>X. Ignacio GONZÁLEZ-MARTÍNEZ & Carlos BOULLÓN AGRELO</i>	
A new species and three hybrids in the ferns from Cocos Island, Puntarenas, Costa Rica	91
<i>Una nueva especie y tres híbridos en helechos para la Isla del Coco, Puntarenas, Costa Rica</i> <i>Alexander Francisco ROJAS-ALVARADO</i>	
Functional ecology of fronds in Iberian saxicolous ferns	101
<i>Ecología funcional de las frondas de helechos rupícolas en la Península Ibérica.</i> <i>Andrea SERAL, Antonio MURCIANO, Sonia MOLINO, Pablo DE LA FUENTE & José M^a GABRIEL Y GALÁN</i>	

<p>Novedades en <i>Jamesonia</i> Hook. & Grev. y <i>Tryonia</i> Schuettp., J. Prado & A.T. Cochran (Pteridaceae) para el Neotrópico</p> <p><i>Novelties in Jamesonia Hook. & Grev. and Tryonia Schuettp., J. Prado & A.T. Cochran (Pteridaceae) from the Neotropics</i></p> <p>Alexander Francisco ROJAS-ALVARADO</p>	111
<p>Antimicrobial activity of ethanolic and aqueous extracts of medicinally used tree ferns <i>Alsophila cuspidata</i> and <i>Cyathea microdonta</i></p> <p><i>Actividad antimicrobiana de extractos en etanol y agua de los helechos arborescentes usados medicinalmente</i></p> <p><i>Alsophila cuspidata y Cyathea microdonta</i></p> <p>Charlie LONGTINE & Adrian TEJEDOR</p>	119
<p>Three new species of <i>Elaphoglossum</i> Schott ex J. Sm. (Dryopteridaceae) from the pacific of Costa Rica</p> <p><i>Tres especies nuevas de Elaphoglossum Schott ex J. Sm. (Dryopteridaceae) para el pacífico de Costa Rica</i></p> <p>Alexander Francisco ROJAS-ALVARADO & Wouter BAAIJEN-HARTEVELD</p>	125
<p>Nuevos registros de helechos (Pteridophyta) para Honduras, Parque Nacional La Tigra y Reserva Biológica Misoco</p> <p><i>New records of ferns (Pteridophyta) from Honduras, La Tigra National Park, and Misoco Biological Reserve.</i></p> <p>Ruth K. HERNÁNDEZ-CIBRIÁN, Alexander ROJAS-ALVARADO & Rony MORENO</p>	131
<p>Tree ferns dominate secondary succession in abandoned pineapple plantations around Manu National Park, Peru</p> <p><i>Los helechos arborescentes dominan la sucesión secundaria en plantaciones de piña abandonadas alrededor del Parque Nacional del Manu, Perú</i></p> <p>Olivia SCHILLING & Adrian TEJEDOR</p>	141
<p>Novedades en <i>Moranopteris</i> R.Y. Hirai & J. Prado (Polypodiaceae) para el Neotrópico</p> <p><i>Novelties in Moranopteris R.Y. Hirai & J. Prado (Polypodiaceae) from the Neotropics</i></p> <p>Alexander Francisco ROJAS-ALVARADO</p>	149
<p>Valoración Económica de los Helechos Silvestres del Parque Nacional La Tigra, Honduras, C.A.</p> <p><i>Economic Assessment of the Wild Ferns of La Tigra National Park, Honduras, C.A.</i></p> <p>Ruth K. HERNÁNDEZ-CIBRIÁN y Beatriz URBANO LÓPEZ DE MENESES</p>	155
<p>Novedades en <i>Pteris</i> L. (Pteridaceae) para Costa Rica</p> <p><i>Novelties in Pteris L. (Pteridaceae) from Costa Rica</i></p> <p>Alexander Francisco ROJAS-ALVARADO</p>	165
<p>Tres especies nuevas de <i>Hymenophyllum</i> Sm. (Hymenophyllaceae, Pteridophyta) para Costa Rica y Colombia</p> <p><i>Three new species of Hymenophyllum Sm. (Hymenophyllaceae; Pteridophyta) from Costa Rica and Colombia</i></p> <p>Alexander Francisco ROJAS-ALVARADO</p>	171
<p>Une Nouvelle station d' <i>Ophioglossum lusitanicum</i> L. en Oranie (Algerie Occidentale)</p> <p><i>New station of Ophioglossum lusitanicum L. in Oranie (Western of Algeria) Boumediene</i></p> <p>MEDJAHDI, Assia LETREUCH-BELROUCI & Ibrahim BABALI</p>	177
<p>Sobre la presencia de <i>Botrychium lunaria</i> en la comunidad valenciana</p> <p><i>About the presence of Botrychium lunaria in the Valencian Community</i></p> <p>Juan J. HERRERO-BORGOÑÓN, Carlos FABREGAT & Jesús RIERA</p>	181
<p>Note sur une nouvelle station d' <i>Asplenium sagittatum</i> (DC.) Bange dans la région de Tlemcen (Algérie occidentale)</p> <p><i>Note on a new station of Aspleniums agittatum (DC.) Bange in Tlemcen'sarea (Western Algeria).</i></p> <p>Brahim BABALI, Boumediene MEDJAHDI & Mohammed BOUAZZA</p>	183

Stomatal traits in Iberian populations of *Osmunda regalis* (Osmundaceae, Polypodiopsida) and its relationship with bioclimatic variables

Mikel Lavilla¹, Andrea Seral¹; Antonio Murciano²; Sonia Molino¹; Pablo de la Fuente¹
& José M^a Gabriel y Galán¹

¹ Department of Plant Sciences I, Faculty of Biology, Universidad Complutense. Avda. Jose Antonio Nováis, 12. 28040-Madrid, Spain. "Biodiversity and Taxonomy of Cryptogamic Plants" Research Group, UCM.

² Department of Applied Mathematics (Biomathematics), Faculty of Biology, Universidad Complutense. Avda. Jose Antonio Nováis, 12. 28040-Madrid, Spain. "Neural Plasticity Research Group, IdISSC" and "Neuro-computing and Neuro-robotics Research Group", UCM.

Correspondence

J. M. Gabriel y Galán

e-mail: jmgabrie@ucm.es

Received: 24 julio 2017

Accepted: 27 octubre 2017

Published on-line: diciembre 2017

Abstract

Stomata are very conserved structures in plants, which allows and control the gas exchange. This ecophysiological fact appears to be critical in the ecology and adaptation of plants to environment. Plant individuals can, among other issues, adjust size and density of the stomata to adapt themselves to hydric, thermic and light regimes. In turn, this led to the reduction of transpiration and control of water losses, which is crucial in areas with Mediterranean climate. The fern *Osmunda regalis* has populations in both biogeographical regions of the Iberian Peninsula (Eurosiberian and Mediterranean regions), but when locations are highly continental the populations are scarce and isolated. The objective of this study is to characterize the stomatal morphological traits in both regions, to detect possible adaptations in individuals occurring in Mediterranean locations. 26 individuals of 17 different populations were sampled. Applying microscopic techniques, 4447 observations of length and width, and 234 of density and PCI were done. The sampling spots were characterized by two bioclimatic indices of Emberger and Gorzynski, and also mean maximum and minimum temperature values were obtained. All the information was included in a dataset that was statistically analyzed with the software SPSS. Our results show that *Osmunda regalis* fronds have higher PCI and density values in the Eurosiberian region, as expected. Gorczynski continentality index (K), and the mean maximum and minimum annual temperatures influences over stomatal traits. This is clearly informing that in the Mediterranean region, the temperature is an important factor that triggers stomatal adaptations of *O. regalis* to continental locations with higher levels of environmental stress. On the contrary, Emberger pluviometric index (Q) seems to be less explicative by its own. Perhaps this is related with the habitat of *O. regalis* in soils with high freatic level, fact which could lead to a more independent stomata from rainfall.

Key words: Biogeographic region, ecology, ferns, Iberian Peninsula, PCI, stomatal density

Resumen

Los estomas son unas estructuras muy conservadas en plantas y que permiten el intercambio gaseoso de las mismas con la atmósfera, un rasgo ecofisiológico clave en la adaptación y ecología de las plantas. Los individuos vegetales pueden, entre otros fenómenos, ajustar el tamaño y la densidad de sus estomas para adaptarse a las condiciones ambientales. Esto les permite, por ejemplo, evitar excesivas pérdidas por transpiración en zonas con menor disponibilidad de agua, como son las áreas bajo clima mediterráneo. El helecho *Osmunda regalis*, presenta poblaciones en las dos regiones biogeográficas (eurosiberiana y mediterránea) de la Península Ibérica, pero bajo condiciones de excesiva continentalidad, las poblaciones son reducidas y aisladas. El objetivo del presente estudio es caracterizar los rasgos morfológicos de esta especie en las dos regiones, para detectar posibles adaptaciones en los

individuos que habitan zonas continentales mediterráneas. Se muestrearon 26 individuos de 17 poblaciones. Mediante técnicas microscópicas se realizaron 4447 observaciones de longitud y anchura, y 234 de densidad y PCI. Las localidades de muestreo fueron caracterizadas bioclimáticamente mediante los índices de Emberger, Gorczynski y las temperaturas medias de las máximas y de las mínimas. Todos los datos se introdujeron en un matriz que se trató estadísticamente en SPSS. Nuestros resultados muestran que las hojas de *O. regalis* presentan mayores valores de densidad estomática y PCI en la región eurosiberiana, lo que responde a lo esperado. El índice de continentalidad de Gorczynski (K) y la amplitud térmica anual influyen significativamente sobre los rasgos estomáticos de la especie. Esto está informando claramente que, en la región mediterránea, la temperatura es un factor importante que dispara la adaptación de *O. regalis* a ambientes con un clima continental y, por tanto, de mayor estrés ambiental. El índice pluviométrico de Emberger (Q) es menos informativo por él solo. Quizá esto esté relacionado con el hábitat de *O. regalis*, que se desarrolla normalmente en suelos de elevado nivel freático, lo que puede hacer que los estomas se manifiesten más independientes de la precipitación.

Palabras clave: Densidad estomática, ecología, helechos, PCI, Península Ibérica, región biogeográfica

Introduction

Stomata are small pores on the surface of plant leaves and stems that control gases exchange (Hetherington & Woodward, 2003). Stomata are strongly conserved structures since their appearance about 400 million years ago, fact considered as a key event in the evolution of vascular plants (McAdam & Brodribb, 2012).

Morphological stomatal traits are related to hydric and photosynthetic balances, key ecophysiological parameters in plants, in relation to the environment (Meidner & Mansfield, 1968; Xu & Zhou, 2008). It is largely known that vascular plants can modify much of their bodies in order to adapt themselves to the environment, phenomenon in which stomata appear to be of huge importance (Franks & Farquhar, 2007; Galmes et al., 2007). Thus, it is essential to fully understand the morphology and physiology of stomata in order to unravel how plants fit in their natural systems, and its role in the different terrestrial biomes (Reich et al., 1999; Ackerly et al., 2000; Haworth et al., 2013). The adaptation via modifying size and/or density of stomata appears to be a crucial response in this sense (Salisbury, 1927; Jones, 1998; Brownlee, 2001; Royer, 2001; Xu & Zhou, 2008). As a very general rule, plants need to close the stomata when faced to water stress, in order to avoid an excess of transpiration that could not be balanced by water uptake from the soil (Cochard et al., 2002; Galmes et al., 2007). When water stress is prolonged (for example, under climates with an extended arid period), a simple, punctual control in stomata

closure could be not enough, and variations in the morphological traits of stomata (reduction in size/density) could then be adopted (Chaves et al., 2002; Xu & Zhou, 2008).

The vast majority of observations about the ecological role of stomata has been done for the flowering plants (Hetherington & Woodward, 2003; Prabhakar, 2003; Öpik & Rolfe, 2005; Evert & Eichhorn, 2006), while other groups of vascular plants, specifically the ferns, have received much less attention (Brodribb & Holbrook, 2004; Gabriel y Galán et al., 2011). During the last decade, research is pointing out striking differences in the way in which fern stomata operate in comparison with those of angiosperms, specially in the pattern of signaling (Kawai et al., 2003; Doi et al., 2006). Nevertheless, to-date investigations on the relationships their environment between morphological traits of fern stomata and environment are comparatively scarce (Kato & Imaichi, 1992; Hunt et al., 2002; Kessler et al., 2007; Kluge & Kessler, 2007; Gabriel y Galán et al., 2011; Riano & Briones, 2013).

The Iberian Peninsula is a notable geographical area where to develop ecological experiments related to the adaptation of fern stomata to climate, due to the existence of two different biogeographical regions. On the one hand, the Mediterranean Region (MR from now on), which extends over most of the territory, is characterized mainly by its less rainfall and the existence of a more or less prolonged arid period. On the other hand, the Eurosiberian Region (ER, from now on), which comprises the northern part of Spain and Portugal, characterized in general by its higher rainfall and

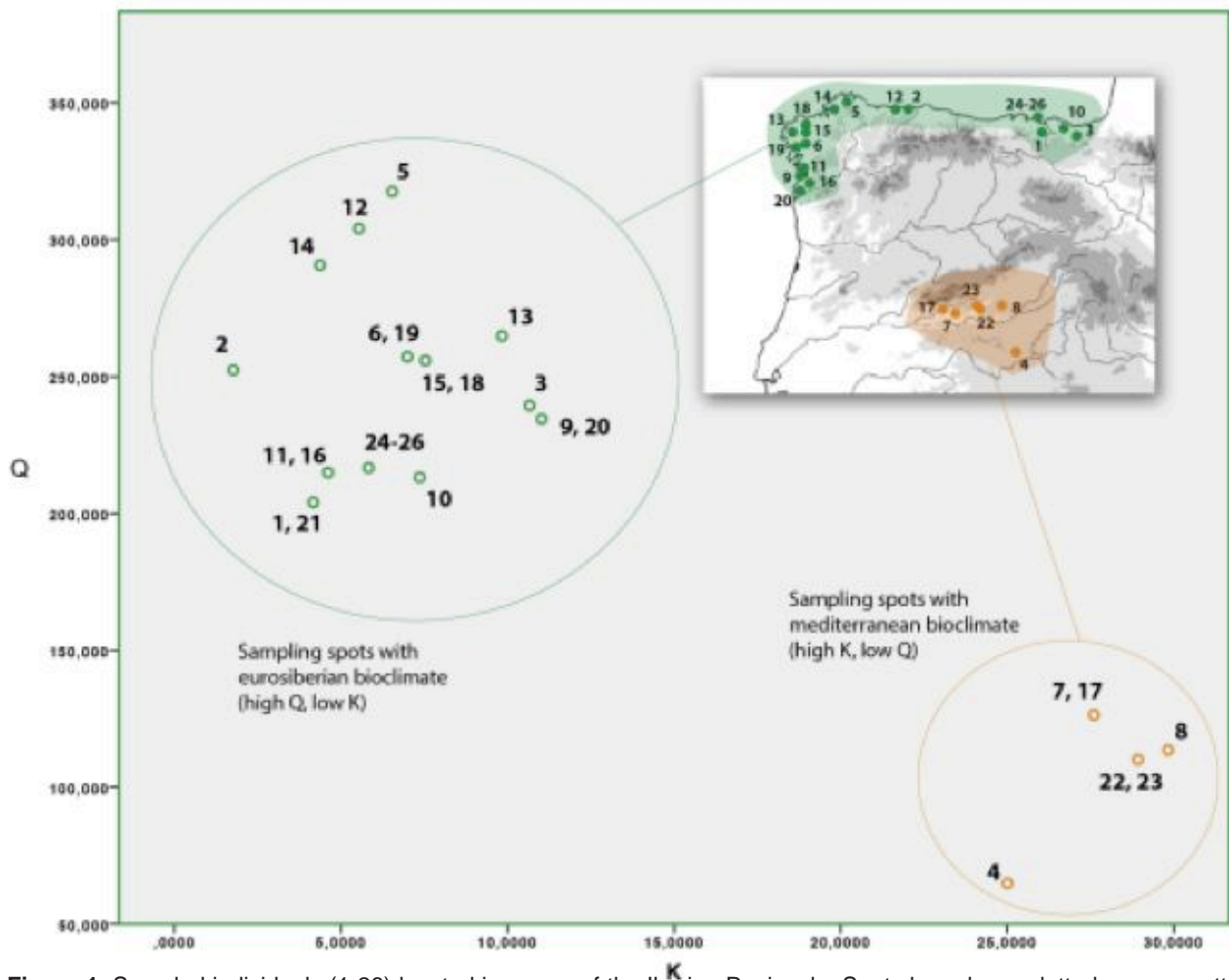


Figure 1. Sampled individuals (1-26) located in a map of the Iberian Peninsula. Spots have been plotted over a scatter graph discriminated by values of Gorczyński index (K) and Embeger index (Q) of the locations. Two main groups can be recognized: Mediterranean spots in orange ($K > 15$ and $Q < 170$) and Eurosiberian spots in green ($K < 15$ and $Q > 170$).

the absence of arid period (Rivas Martínez, 1987). In spite of their remarkable floristic differences, these two Iberian regions share some species of ferns, which either are of wide distribution, or prefer one of the regions but occur punctually in the other (Moreno et al., 2015).

The Mediterranean climate imposes strong constraints on plants and could represent an important evolutionary pressure (Joffre et al., 1999). Previous adaptations in stomatal morphological and physiological traits have been reported for plants under Mediterranean climate (Galmés et al., 2007; Galmés et al., 2013). Again, ferns have not been assessed for these issues, as far as we know, except for some works regarding general terms of species richness and distribution (Ferrer-Castan & Vetaas, 2005; Moreno & Lobo, 2008).

In this work we aim to study the morphological stomatal traits of ferns under two different bioclimatic regions in the Iberian Peninsula, in

order to detect differences that could be due to adaptation to water stress. We have selected the species *Osmunda regalis* L. (Osmundaceae, Polypodiopsida) which is a common plant in the north and west part of Spain and Portugal, under oceanic climatic conditions, but have also some scattered populations in the central area of the MR (Moreno et al., 2015), under high continental conditions. Differences in morphological traits of stomata are expected between individuals from both biogeographical regions, in the sense of an adaptation of the stomatal apparatus to water stress in the Mediterranean populations. We specifically aim to: a) characterize the stomatal morphological traits of *O. regalis* in both Eurosiberian and Mediterranean regions of the Iberian Peninsula; b) compare those traits to see whether there are significant differences between bioclimatic conditions; c) try to find a bioclimatic variable, related to water stress, that could be invoked as

	Length (µm)	Width (µm)	Density (st/mm ²)	PCI
Eurosiberian	56.38	45.33	23.28	7.43
Mediterranean	57.22	46.05	20.51	6.92
Chi-square	16.93	12.53	65.54	21.79
p-value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

Table 1. Range differences and p-values for the traits considered, compared along the two biogeographical regions. The highest value for each trait has been highlighted.

key factor in the expected differences.

Materials and methods

26 individuals from 17 different populations of *O. regalis* were selected, covering both ER and MR (Appendix 1; Fig. 1). Samples came from both herbarium sheets (MACB) and new collections. In this latter case, vouchers of each population have been included in MACB.

Three pinnae from well-developed, undamaged fronds of each individual were collected. When possible, the three pinnae came from different fronds. In order to apply the same protocol to all the samples, the pinnae from new collections were fully dehydrated. Leaf material was hydrated for 10 minutes in distilled water and cleared for 10 minutes in NaCl 5% (v/v). For each pinna, three hand-made peelings of the abaxial surface were made and photographed at 20x under a compound light microscope (Nikon Labophot-2 with a camera Coolpix MDC). Photographs were processed with the software Piximètre (Henriot & Cheype, 2012). For each optical field, we measured length (L, in µm) and width (W, in µm) of all stomata (we did not consider stomata with less than the 2/3 of its length in the field), and we obtained one measure of stomatal density (D, as number of stomata per mm²). Also, to get a more functional view of the stomatal traits, the adimensional variable PCI (Potential Conductance Index (PCI)) was calculated for each optical field as follows: $PCI = L^2 \cdot D \cdot 10^{-4}$. This variable is a proxy for the potentially transpirant area of a frond, through the estimation of the surface of all the stomatal pores (Holland & Richardson, 2009).

The total of measurements reached 4447 for L and W, and 234 for D and PCI.

Climatic parameters for each population were obtained from the database SIGA (SIGA, 2016). Unfortunately, we were unable to calculate a precise index of aridity due to the lack of evapotranspiration data for many of the climatic stations. Thus, we rely our analyses to the use of rainfall and annual

thermic interval values. The variables we included were: annual rainfall (P, in mm or l/m²), mean temperature of the warmest month (T_{max}, in °C), mean temperature of the coldest month (T_{min}, in °C), annual mean maximum temperature (T_{max}, in °C), and annual mean minimum temperature (T_{min}, in °C) temperatures. In order to properly discriminate our locations, we calculate the following bioclimatic indices (Rivas-Martinez & Rivas-Saenz, 1996-2017) (Fig. 1):

Emberger Pluviometric Index (Q):

$$Q = 100 \cdot \frac{P}{T_{max}^2 - T_{min}^2} \quad Q = 100 \cdot \frac{P}{T_{max}^2 - T_{min}^2}$$

Gorczyński Continentality Index (K):

$$K = 1.7 \cdot \frac{(T_{max} - T_{min})}{\sin(L)} - 20.4$$

(where L= location latitude).

Statistical analyses were made with SPSS® software using non-parametric test due to the absence of normality in the data. Main test for this

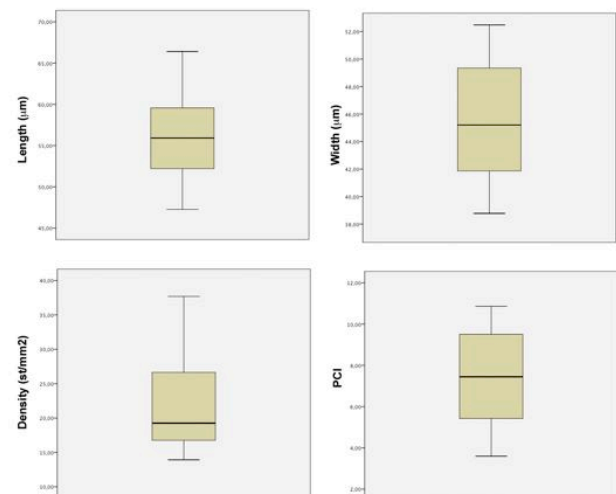


Figure 2. Box and whisker plots for the morphological stomatal traits of *O. regalis*.

study were Spearman test for correlations between traits, Kruskal-Wallis for rank comparison between regions, and linear models for correlations between traits and climatic variables. The signification level was $\alpha=0.05$.

Results

Biometrical characterization

Stomata in *O. regalis* have a mean size of $56.56 \pm 5.05 \times 45.49 \pm 4.08 \mu\text{m}$. Stomatal mean density is 22.68 ± 6.80 stomata/ mm^2 and the mean PCI is 7.33 ± 2.24 (Fig. 2).

Besides the basic biometrical characterization, we were interested in the existence of correlations between the stomatal traits. Thus, we made a Spearman correlation analysis combining all the considered traits, except PCI, due to its calculated nature from the others. Our results show a positive and moderately high correlation between length and width (L*W: $\rho= 0.647$, $p<0.01$; Fig. 3), and inverse and moderately low correlations between those variables and density (L*D: $\rho= -0.056$, $p<0.01$; W*D: $\rho= -0.065$; $p<0.01$).

Differences in stomatal traits between bioclimatic regions

We detected statistically significant differences between bioclimatic regions for all the stomatal traits studied, through a Kruskal-Wallis test (Table 1, Fig. 4). Eurosiberian individuals have higher density and PCI, whilst Mediterranean individuals have higher length and width.

Stomatal traits correlations with bioclimatic variables

In order to detect potential relationships between stomatal traits and bioclimatic variables, we made use of the mentioned Emberger and Gorchynski indices, as they are a combination of climatic variables (rainfall and thermic amplitude), and of the factors T_{max} and T_{min}, all of them

	Q	K	T _{max}	T _{min}
Length	0.130**	-0.009	-0.120**	-0.160**
Width	0.104**	-0.025	-0.111**	-0.111**
Density	0.029	-0.092**	-0.084**	0.086**
PCI	0.069**	-0.073**	-0.127**	-0.016

Table 2. Bivariate correlations values (ρ) between stomatal traits and bioclimatic indices (Q=Emberger, K=Gorchynski; T_{max}= annual mean maximum temperature; and T_{min}= annual mean minimum temperature). ** indicates highly significant correlation ($p\text{-value}<0.001$).

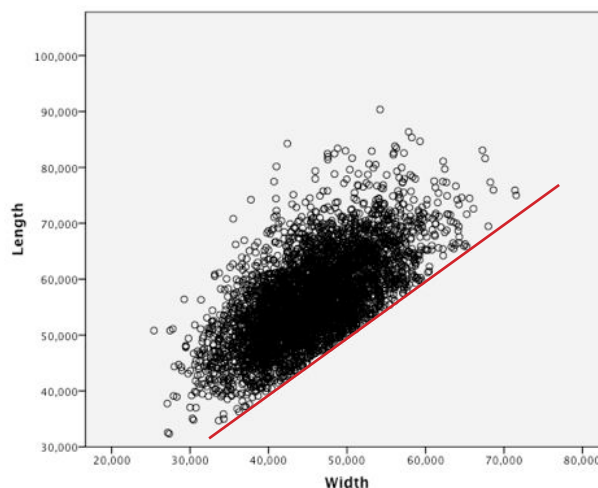


Figure 3. Scatter plot showing a high correlation between stomatal length and width in *O. regalis*. A linear regression equation has been calculated ($y=15.35+0.53x$), which shows a $R^2=0.431$. The red line defines a width threshold that is limiting the minimum effective size of stomata in this species.

with proved ecological significance for the plants. Thus, we carried out Spearman correlations analyses for the stomatal traits and all of these bioclimatic variables (Table 2):

As it can be shown, Q is directly correlated with stomatal size (L and W) and with PCI, but it seems to be independent from D. K is independent from stomatal size but affects negatively to D and PCI. T_{max} is inversely correlated with all the stomatal traits, whilst T_{min} correlates inversely with size, directly with D and appears to be independent from PCI.

The non-significant correlations observed for stomatal traits that are expected to change with the selected climatic variables, move us to think whether there could be a differential response within biogeographical regions. Thus, we conducted the same Spearman correlation analysis with the data segregated by region (Table 3).

Some striking results appeared compared to the general correlations of Table 2. First, the four non-significant correlations that resulted calculated, now appeared to be significant within each region: Q is negatively affecting to D in both regions, K is negatively affecting to L and W in both regions, and T_{min} affects to PCI in both regions, positively in the ER region and negatively in the MR. Second, a differential response of the correlation between regions has been detected in many of the cases. Briefly, these new results are as follows: Q is positively correlated to L and PCI in the ER but negatively in the MR; K is positively correlated to D

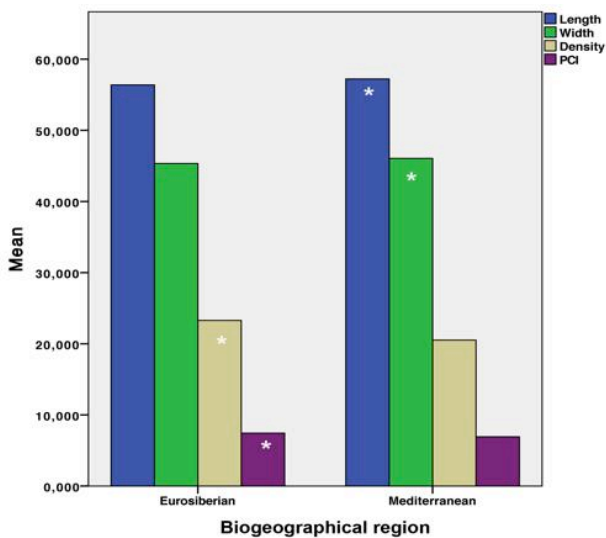


Figure 4. Bar graphs showing values of the four considered traits for each of the biogeographical region. * indicates statistical significant differences between regions for each trait, and has been drawn over the highest value.

and PCI in the ER but negatively in the MR; Tmmax is positively correlated to D and PCI in the ER but negatively in the MR; finally, Tmmin is negatively correlated to W and D in the MR but positively to D in the ER, while is independent from W.

Discussion

Gorczynski's (K) and Embeger's (Q) indices are useful to discriminate the two biogeographical regions, Eurosiberian and Mediterranean, present in the Iberian Peninsula. The discrimination is due to the bioclimatic parameters included in the indices and show the less frequency of rainfall (low Q) and high continentality (high K) in the MR, whereas these values are the opposite in the ER, as many authors have pointed before (Rivas Martínez,

1987). Thus, based on these indices, we were able to strongly differentiate between our samples in two main groups. Also, based on these indices, we could assembly several climatic parameters to which stomata of *O. regalis* are presumably responding to.

The stomata of *O. regalis* observed in this study are quite longer than those measured in previous works (Wagner-Cremer et al., 2007), from plants collected in tropical environments of Florida (USA). The differences in climatic parameters between the American localities of that study and ours could perhaps explain the differences in the stomatal lengths. We detected a strong correlation between length and width of stomata in *O. regalis*, which could be due to a genetic control of stomatal size. An endogenous control has been yet proved for these stomatal traits for plants in general (Metcalf & Chalk, 1979), and also it has been related to diagnostic purposes in some fern species (Gabriel y Galán et al., 2011). Furthermore, our results show an apparent minimum threshold in stomatal width that is limiting the effective size of stomata in *O. regalis*. This could be a response of an allometric phenomenon, that has been detected in previous works for the stomata of vascular plants in general (Boer et al., 2016).

Stomata functional traits in *O. regalis* seem to adapt to the Mediterranean climate, as expected, as these populations have lower density and less PCI than the ER individuals, even though the stomatal size is bigger here. This may indicate that water stress control is achieved through density rather than size modification, and follows the previously exposed idea of the endogenous, genetic control of the size of stomata (Metcalf & Chalk, 1979). Changes in stomatal adaptation to environment could be achieved by ferns via a balance between size/density of stomata and size of epidermal cells (Gabriel y Galán et al., 2011). However, in the case of *O. regalis*, we detected that Mediterranean

	Q		K		Tmmax		Tmmin	
	ER	MR	ER	MR	ER	MR	ER	MR
Length	0.466**	-0.062	-0.192**	-0.173**	-0.303**	-0.415**	-0.084**	-0.552**
Width	0.361**	0.132**	-0.286**	-0.092**	-0.311**	-0.351**	-0.010	-0.521**
Density	-0.138**	-0.771**	0.301**	-0.778**	0.383**	-0.738**	0.089**	-0.585**
PCI	0.142**	-0.588**	0.085**	-0.641**	0.127**	-0.734**	0.060**	-0.692**

Table 3. Bivariate correlations values (ρ) between stomatal traits and bioclimatic indices (Q=Emberger, K=Gorczynski; Tmmax= annual mean maximum temperature; and Tmmin= annual mean minimum temperature), for each of the biogeographical regions (ER=Eurosiberian Region; MR=Mediterranean Region). ** indicates highly significant correlation (p -value<0.001).

plants increase the stomatal size and decrease the density (compared to those living under ER), therefore it is possible that the adaptations could be done without changes in the epidermal cells.

Q shows an expected relationship with stomatal traits of *O. regalis*: an increase in Q implies increasing rainfall or reducing thermic interval (i.e. smoother temperatures), and both allows *O. regalis* plants to grow increasing the transpiration (PCI) because there is enough water to balance the stomatal losses (Galmes et al., 2007). But the reduction in the PCI of the Mediterranean locations with an increasing Q is not easily explained with our data. Perhaps, as *O. regalis* is a species that lives in riverbanks, the stomata are quite independent on rainfall because there is enough water available from the freatic level (Cowan, 1977; Galmes et al., 2007). But in the MR, the annual variation in the rivers' flow perhaps derives in a more sensitiveness of this populations to an additional amount of rainfall.

K also influences the stomata of *O. regalis* as expected: an increasing in K implies a harder thermic interval, with more extreme temperatures of the hottest and coldest months; under this scenario, *O. regalis* tends to reduce the transpiration, by adapting the density of stomata (less stomata per unit of area), which indeed derived in a reduction of potential hydraulic conductance, with independence of the stomatal size. This parameter K is also affecting differentially in each region: while an increase of K comes to an overall reduction of the stomatal size in both regions, it promotes an increase on D and PCI in the ER but produces a high reduction of D and PCI in MA. T_{max} and T_{min} have the same effect: increasing values of both factors induce a reduction of stomatal size in ER and MR; but while in ER these factors produce an increase in D and PCI, MR populations show a highly-correlated reduction of D and PCI. All this responses of *O. regalis* are pointing towards an expected adaptation of the Mediterranean individuals, as so have to do the Mediterranean plants in general (Joffre et al., 1999; Galmés et al., 2007; Galmés et al., 2013). Regarding temperatures, an increase in T_{max} is clearly affecting in the same way, probably by means of increasing the potential evapotranspiration (Schulze et al., 1973), which would lead to *O. regalis* individuals facing to less water availability, so reduction on size and density is needed. Other case is the influence of increasing T_{min}, which apparently has the same effect of reducing size, but a direct correlation with the density renders an independent PCI from mean lows temperatures; i.e., apparently, the potential transpiration is balanced.

Conclusions

We have characterized the stomata of *O. regalis* in the Iberian Peninsula, considering its appearance in the Eurosiberian area and part of the oceanic Mediterranean area, but having also some other isolated populations in continental, Mediterranean locations.

Osmunda regalis fronds show higher PCI and density values in the Eurosiberian region, as rainfall exerts a positive effect on transpiration, due to a higher water availability that balance losses through transpiration.

Gorczyński continentality index (K), and the mean maximum and minimum annual temperatures influences over stomatal traits. This is clearly informing that in the Mediterranean region (with higher K and greater thermic interval), the temperature is an important factor to detect adaptations of stomata to water stress in *O. regalis*. On the contrary, Emberger pluviometric index (Q) seems to be less explicative by its own. Perhaps the habitat of *O. regalis* makes the considerations of the rainfall somewhat odd in searching for different stomatal responses of the MR populations of this species.

Acknowledgements

This work has been partially funded through Research Groups funding program, UCM 810810 "Biodiversidad y Taxonomía de Plantas Criptógamas". The authors would like to thank the director of MACB herbarium for her willingness to provide part of the material needed.

Appendix 1

List of the biological material studied, ordered by provinces and sampling spots, with basic voucher information. The number of the 26 individuals is indicated in parenthesis and correspond to that of figure 1.

Asturias: Cerca de Brieves, Valdés, *M. C. Fernández Carvajal* et al., 3/6/93, MACB 59189 (ind. 12). Cudillero, Ballota (Sta Marina), *A. Izuzquiza*, 18/8/96, MACB 72287 (ind. 2). **Ávila:** Valle del Tiétar (Casavieja-Mijares), *D. Sánchez-Mata & V. de la Fuente*, 13/5/85, MACB 18736 (ind. 8). **Cáceres:** Valdastillas, *E. Rico*, 28/5/75, MACB 11409 (inds. 7 y 17). Villanueva de la Vera, *J. M. Gabriel y Galán & Puelles*, 15/11/14, MACB 109360 (inds. 22 y 23). **Cantabria:** Liendo, *J. M. Gabriel y Galán & Puelles*, 6/12/14, MACB 107332 (inds. 24-26). Ramales de la Victoria, Pandra, *E. Rodríguez & M. Herrera*, 19/9/87, MACB 31127 (inds. 1 y 21). **Ciudad Real:** Cabañeros, Arroyo del Chorrerón, *I. Vaquero, H. Sainz & H. Costa*, 29/6/90, MACB 41084 (ind. 4). **Coruña:** A Baña, río Tambre, *L. G. Quintanilla & B. Pias*,

15/11/97, MACB 92442 (inds. 15 y 18). As Pontes de García Rodríguez, *Gil, Gil, T.*, 28/6/99, MACB 75118 (ind. 5). Cara Monte Pindo hacia Fleiro, *R. Iglesias Louzán*, 14/5/95, MACB 63009 (ind. 13). Monfero, Marola Grande, Arroyo Isalonga, *F. J. Silva-Pando & A. Prunell Tuduri*, 6/11/93, MACB 59135 (ind. 14). Ribeira, Parque Natural, *L. G. Quintanilla*, 15/6/97, MACB 92410 (inds. 6 y 19). **Pontevedra**: Cangas de Morrazo, Monte Castelo, *P. Samartín Bienzobas & L.A. Samartín Bienzobas*, 21/10/86, MACB 31079 (ind. 11 y 16). Porriño, Gandaras de Budiño, *F. J. Silva-Pando & E. Valdés-Bermejo*, 16/6/87, MACB 30874 (inds. 9 y 20). **Vizcaya**: Leioa, *J. Oidi, C. Roscher & M. Herrera*, 1/10/91, MACB 43421 (ind. 10). Durango, Euba, *E. Sarrionandia*, 26/10/95, MACB 62931 (ind. 3).

References

- Ackerly, D. D., et al. (2000). The evolution of plant ecophysiological traits: Recent advances and future directions. *Bioscience* 50: 979-995.
- Boer, H. J., et al. (2016). Optimal allocation of leaf epidermal area for gas exchange. *New Phytologist* 210: 1219-1228.
- Brodribb, T. J. & Holbrook, N. M. (2004). Stomatal protection against hydraulic failure: a comparison of coexisting ferns and angiosperms. *New Phytologist* 162: 663-670.
- Brownlee, C. (2001). The long and the short of stomatal density signals. *Trends in Plant Science* 6: 441-442.
- Chaves, M. M., et al. (2002). How plants cope with water stress in the field. *Photosynthesis and growth*. *Annals of Botany* 89: 907-916.
- Cochard, H., et al. (2002). Unraveling the effects of plant hydraulics on stomatal closure during water stress in walnut. *Plant Physiology* 128: 282-290.
- Cowan, I. R. (1977). Stomatal behaviour and environment. *Advance in Botanical Research* 4: 117-228.
- Doi, M., et al. (2006). The fern *Adiantum capillus-veneris* lacks stomatal responses to blue light. *Plant and Cell Physiology* 47: 748-755.
- Evert, R. F. & Eichhorn, S. E. (2006). *Esau's Plant Anatomy*. New York, USA. Wiley.
- Ferrer-Castan, D. & Vetaas, O. R. (2005). Pteridophyte richness, climate and topography in the Iberian Peninsula: comparing spatial and nonspatial models of richness patterns. *Global Ecology and Biogeography* 14: 155-165.
- Franks, P. J. & Farquhar, G. D. (2007). The mechanical diversity of stomata and its significance in gas-exchange control. *Plant Physiology* 143: 78-87.
- Gabriel y Galán, J. M., et al. (2011). Biometry of stomata in *Blechnum* species (*Blechnaceae*) with some taxonomic and ecological implications for the ferns. *Revista De Biología Tropical* 59: 403-415.
- Galmés, J., et al. (2007). Water relations and stomatal characteristics of Mediterranean plants with different growth forms and leaf habits: responses to water stress and recovery. *Plant and Soil* 290: 139-155.
- Galmés, J., et al. (2007). Photosynthetic limitations in response to water stress and recovery in Mediterranean plants with different growth forms. *New Phytologist* 175: 81-93.
- Galmés, J., et al. (2013). Leaf responses to drought stress in Mediterranean accessions of *Solanum lycopersicum*: anatomical adaptations in relation to gas exchange parameters. *Plant, Cell & Environment* 36: 920-935.
- Haworth, M., et al. (2013). Co-ordination of physiological and morphological responses of stomata to elevated [CO₂] in vascular plants. *Oecologia* 171: 71-82.
- Henriot, A. & Cheype, J. L. (2012). Piximètre, la mesure des dimensions sur images. In.
- Hetherington, A. M. & Woodward, F. I. (2003). The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature* 424: 901-908.
- Holland, N. & Richardson, A. D. (2009). Stomatal length correlates with elevation of growth in four temperate species. *Journal of Sustainable Forestry* 28: 63-73.
- Hunt, M. A., et al. (2002). Ecophysiology of the soft tree fern, *Dicksonia antarctica* labill. *Austral Ecology* 27: 360-368.
- Joffre, R., et al. (1999). Functional attributes in Mediterranean-type ecosystems. In: F. I. Pugnaire & F. Valladares (eds.), *Handbook of Functional Plant Ecology*: 347-380. New York.
- Jones, H. G. (1998). Stomatal control of photosynthesis and transpiration. *Journal of Experimental Botany* 49: 387-398.
- Kato, M. & Imaichi, R. (1992). Leaf anatomy of tropical fern rheophytes, with its evolutionary and ecological implications. *Canadian Journal of Botany* 70: 165-174.
- Kawai, H., et al. (2003). Responses of ferns to red light are mediated by an unconventional photoreceptor. *Nature* 421: 287-290.
- Kessler, M., et al. (2007). Patterns of morphological leaf traits among pteridophytes along humidity and temperature gradients in the Bolivian Andes. *Functional Plant Biology* 34: 963-971.
- Kluge, J. & Kessler, M. (2007). Morphological characteristics of fern assemblages along an elevational gradient, patterns and causes. *Ecotropica* 13: 27-43.
- Mcadam, S. a. M. & Brodribb, T. J. (2012). Stomatal innovation and the rise of seed plants. *Ecology Letters* 15: 1-8.
- Meidner, H. & Mansfield, T. (1968). *Physiology of stomata*. London, UK. McGraw-Hill.
- Metcalf, C. R. & Chalk, L. (1979). *Anatomy of the Dicotyledons*. London, UK. Clarendon.
- Moreno, J. C. & Lobo, J. M. (2008). Iberian-Balearic fern regions and their explanatory variables. *Plant Ecology* 198: 149-167.
- Moreno, J. C., et al. (2015). Atlas de los pteridófitos de la Península Ibérica e Islas Baleares. *Acta Botanica Malacitana* 40: 5-55.
- Öpik, H. & Rolfe, S. A. (2005). *The physiology of flowering plants*. Cambridge, UK. Cambridge University Press.
- Prabhakar, M. (2003). Structure, delimitation, nomenclature and classification of stomata. *Acta Botanica Sinica* 462: 242-252.
- Reich, P. B., et al. (1999). Generality of leaf trait relationships: A test across six biomes. *Ecology* 80: 1955-1969.

- Riano, K. & Briones, O. (2013). Leaf physiological response to light environment of three tree fern species in a Mexican cloud forest. *Journal of Tropical Ecology* 29: 217-228.
- Rivas Martínez, S. (1987). Nociones sobre fitosociología, biogeografía y bioclimatología. In: M. Peinado & S. Rivas Martínez (eds.), *La vegetación de España*: 19-45. Alcalá de Henares.
- Rivas-Martinez, S. & Rivas-Saenz, S. (1996-2017). Worldwide Bioclimatic Classification System. <http://www.globalbioclimatics.org/>. Phytosociological Research Center, Spain (accessed october 2016). In.
- Royer, D. L. (2001). Stomatal density and stomatal index as indicators of paleoatmospheric CO₂ concentration. *Review of Palaeobotany and Palynology* 114: 1-28.
- Salisbury, E. J. (1927). On the causes and ecological significance of stomatal frequency, with special reference to the woodland flora. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 216: 1-65.
- Schulze, E. D., et al. (1973). Stomatal responses to changes in temperature at increasing water stress. *Planta* 110: 29-42.
- SIGA (2016). Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (<http://sig.mapama.es/siga/>). Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. España (accessed oct 2016). In.
- Wagner-Cremer, F., et al. (2007). Influence of ontogeny and atmospheric CO₂ on stomata parameters of *Osmunda regalis*. *CFS Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 258: 183-189.
- Xu, Z. & Zhou, G. (2008). Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of Experimental Botany* 59: 3317-3325.

Novedades en *Radiovittaria* (Benedict) E.H. Crane (Pteridaceae) para el Neotrópico

Alexander Fco. Rojas-Alvarado

Universidad Nacional de Costa Rica.
Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica, C.A.

Correspondencia

A.F. Rojas-Alvarado
e-mail: alfrojasa@yahoo.com

Recibido: 7 de julio de 2017

Aceptado: 11 de septiembre de 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

Se analiza el complejo *Radiovittaria gardneriana* (Fée) E.H. Crane debido a que el mismo presenta variaciones morfológicas y de distribución que parecen tener correlación. Como resultado se describen dos especies nuevas: *R. andina* A. Rojas y *R. salvo-tierrana* A. Rojas, también se combina *R. karsteniana* (Mett.) A. Rojas. Adicionalmente se presenta una clave dicotómica para el género.

Palabras clave: Clave de especies, combinación, especies nuevas, *Radiovittaria gardneriana*, Pteridophyta.

Abstract

Noveltis in Radiovittaria (Benedict) E.H. Crane (Pteridaceae) from the Neotropics

The *Radiovittaria gardneriana* (Fée) E.H. Crane complex is analyzed due because has morphological variations and different geographical and altitudinal distributions that apparently have correlations. As result two new species are described: *R. andina* A. Rojas y *R. salvo-tierrana* A. Rojas, also other species is combined as *R. karsteniana* (Mett.) A. Rojas. In addition a dichotomous key is included from the genus.

Key words: Combination, new species, Pteridophyta, *Radiovittaria gardneriana*, species key.

Introducción

Crane, Farrar y Wendel (1995), en su estudio filogenético de las Vittariaceae, encontraron que los géneros *Antrophyum* Kaulf. y *Vittaria* Sm. eran polifiléticos; por tanto, deciden reconocer los géneros: *Scoliosorus* T. Moore, *Radiovittaria* (Benedict) E.H. Crane y *Haplopteris* C. Presl. El primero separable de *Antrophyum* por esporas bilaterales y los gametofitos con gemas pareadas. *Radiovittaria* es diferenciable de *Vittaria* por paráfisis obcónicas y gametofitos con gemas simples. Finalmente, *Haplopteris* es distinguido de *Vittaria* por paráfisis obcónicas. También se menciona que *Radiovittaria* es enteramente Neotropical y *Haplopteris* completamente Paleotropical. Con base en los resultados

anteriores Crane (1997) hace combinaciones de las especies en los géneros *Haplopteris*, *Radiovittaria* y *Scoliosorus*, con una clave para todos los géneros de la familia Vittariaceae.

Radiovittaria comprende alrededor de ocho especies neotropicales, y se distingue fácilmente de *Vittaria* Sm. por los rizomas suberectos con hojas dispuestas radialmente, paráfisis rojizos con las células apicales en forma de embudo, hojas por lo general más amplias y estípites pardo-púrpura oscuro y brillantes (Mickel y Smith 2004).

En este trabajo se describen dos especies nuevas y se combina otra, como parte de investigaciones en los helechos de Costa Rica y producto de la revisión y comparación de material Costarricense con otras regiones neotropicales.

Material y método

Este trabajo fue elaborado con base en la revisión de especímenes de los herbarios: COL, CR, FAUC, HUQ, US y VALLE, así como la revisión de literatura en: Gómez y Arbeláez (2009), Lellinger (1989), Mickel y Smith (2004), Moran (1995), M. Murillo, J. Murillo, León & Triana (2008) y Tryon & Stolze (1989) y la consulta de especímenes tipo en JSTOR (<http://www.plants.jstor.org/>).

Resultados

Las investigaciones en el género *Radiovittaria* demostraron que *R. gardneriana* (Fée) E.H. Crane representaba un grupo complejo, particularmente en Colombia, donde cuatro entidades fueron encontradas, dándose la necesidad de incluir los sinónimos y descripción de la verdadera entidad que corresponde con este nombre. Luego se describen dos especies nuevas. Después de esto se combina una especie pues ya tenía nombre bajo en género *Vittaria*. Finalmente, se ofrece una clave dicotómica para todo el género, de forma que sirva a otros investigadores a determinar correctamente las especies de *Radiovittaria*.

Especie Base

Radiovittaria gardneriana (Fée) E.H. Crane, Syst. Bot. 22(3): 515. 1997[1998]. (29 Jan 1998). *Vittaria gardneriana* Fée, Mém. Foug. 3: 15, t. 3, f. 1. 1851. Lectotipo: Brasil, Rio de Janeiro, Organ Mountains, *Gardner 147* (BM!; Isolectotipo: B! (foto, GH!), K!, P!, US!). Lectotipo designado por Benedict, Bull. Torrey Bot. Club 41: 401. 1914.

Vittaria bommeri H. Christ, Bull. Herb. Boissier, sér. 2, 5(1): 11. 1905. ST: Costa Rica, *Werckle 217* (P). Sintipos: Costa Rica, valley of the Rio Sucio, *Pittier 576a* (P, no visto). Costa Rica: *Cooper 120* (CR!).

Vittaria gracilis Moritz ex Kuhn, Linnaea 36: 67. 1869. Type: Venezuela, Aragua, Colonia Tovar, *Moritz 464* (Holotipo: B, no visto; Isotipo: L, no visto (foto, US!)).

Descripción. Rizoma 3–5 mm de diámetro, compacto; escamas del rizoma 2–3 × 0,2–0,3 mm, linear-lanceoladas, pardo oscuras, 3–7 células de ancho en la base, terminado en segmento linear con escalones laterales, margen dentado; frondas (3–) 12–21 (–30,5) cm de largo, próximas; estípites 0,5–2,0 cm de largo, pardo a pardo oscuro, concoloro o más oscuro que la lámina, aplanado,

rugoso longitudinalmente; lámina (2,5–) 11–20 (–29) × 0,3–0,7 cm, linear-elíptica a linear, 36–42 veces más larga que ancha, base muy atenuada, ápice acuminado; costa pajizo claro, glabra, adaxialmente concolora con la lámina, abaxialmente no prominente; aréolas en 1 hilera entre la costa y los márgenes, las nervaduras inconspicuas, la nervadura lateral alcanzando el margen debajo del punto donde surge de la costa la siguiente nervadura del mismo lado; soros marginales, pardos, sin indusio, someramente hundidos o casi superficiales, continuos a discontinuos; paráfisis 2–5-celulares, rojizos, la célula apical obcónica, muy agrandada; esporas monoletes.

Distribución. Costa Rica, Panamá, Española, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Venezuela, Guayanas, Surinam y Brasil a 1000–2400 m.

Material revisado

COSTA RICA. **Cartago:** Paraíso, cuenca del Río Reventazón, Orosí, Río Macho, Estación Biológica Río Macho y alrededores, 9°45'56"N, 83°51'48"W, 1650–1800 m, 3 dic 1997, *A. Rojas et al. 4164* (CR). **Heredia:** Braulio Carrillo National Park, 10°15'N, 84°10'W, 1865 m, s. f., *E. Hennipman et al. 6816* (CR); Heredia, Cordillera Central, Vara Blanca, detrás del Restarant Vara Blanca, 10°09'35"N, 84°09'25"W, 1900–1930 m, 25 sep 1994, *A. Rojas 1522* (CR). **Limón:** Cantón de Talamanca, Parque Internacional La Amistad, Cordillera de Talamanca, Río Lori, 1 km aguas abajo de unión Quebrada Kuisa, entre Ujarrás y San José Cabécar, 9°20'05"N, 83°14'05"W, 1750 m, 25 mar 1993, *G. Herrera 6038* (CR). **Puntarenas:** Cantón de Coto Brus, Zona Protectora Las Tablas, cuenca Térraba-Sierpe, Quebrada Sutú, 8°58'18"N, 82°46'23"W, 1900 m, 12 feb 1999, *E. Mora 52* (CR); Cantón de Coto Brus, Parque Nacional La Amistad, Cuenca Térraba-Sierpe, Estación Pittier, zona de acampar, 9°02'20"N, 82°56'50"W, 2040–2300 m, 23 mayo 1996, *M. Moraga y A. Rojas 499* (CR); Cantón de Coto Brus, Zona Protectora Las Tablas, Cordillera de Talamanca, Sabalito, Las Alturas de Cotón, Estación Biológica Las Alturas, sendero a Cerro Echandi, postes 20–29, 8°58'20"N, 82°50'05"W, 1800–2020 m, 25 dic 1993, *A. Rojas 781* (CR).

PANAMA. **Chiriquí:** above El Boquete, along the upper Caldera River, near Camp I, Holcomb's trail, 1450–1650 m, 22–24 mar 1911, *W. Maxon 5604* (US); above El Boquete, the upper Caldera Watershed, between Cap I and the Divide, Holcomb's trail, 23 mar 1911, *W. Maxon 5676* (US).

DOMINICAN REPUBLIC. **Barahona:** Sierra de Bahoruco (extremo oriental), más arriba de la Finca Habib, Loma Pie de Pol, al final de la carretera de la Guasara (de Barahona), 18°10'N, 71°13'W, 1400 m, 19 mayo 1988, *T. Zanoni et al. 41128* (US). **San Rafael-Independencia:** limestone mountains of the Sierra de Neiba, along the Carretera Internacional near the crest of the range, along the Haitian border, vicinity line between provinces of San Rafael and Independencia, 1700–2000

m, 2 ago 1967, G. Gastony et al. 476 (US).

HAITI. Massif de La Rosse, western group, Torbec, high ridge above La mare Pronx, ca. 1400 m, 6 dic 1925, E. Ekman 5282 (US).

COLOMBIA. Parque Nacional Natural Cordillera de Los Picachos, 1620 m, 18 ene 1999, A. García y A. Ayala 118 (COL). **Chocó-Antioquia**: at and on both sides of principal ridge W of La Mansa, at km 105.5 of the Ciudad Bolívar-Quibdó road, 2100–2200 m, 4 abr 1971, D. Lellinger y E. de la Sota 944 (COL, US). **Boyacá**: entre Sogamoso y Pajarito, km 80, Hacienda Comijoque, 2100 m, 12 mar 1980, H. Bernal et al. 109 (COL); carretera Sogamoso-Pajarito, Río Cusiana, Finca de Homijoque, 1800 m, 10 oct 1967, W. Hagemann 649 (COL); Santa María, Vereda Caño Negro, camino a Palo Negro, entre las fincas Santa Rosita, El Recuerdo y El Tesoro, hacia la Cuchilla Negra, 1810 m, 5 nov 2003, J. Murillo y C. Méndez 3458 (COL). **Cauca**: El Tambo, La Romerita, trocha que une el camino a Santana con el camino al km 81, cerca de la Quebrada El Oso, 11 oct 1995, G. Lozano et al. 7098 (COL). **Cundinamarca**: Cabrera, Vereda Peñas Blancas, 2300 m, 14 jul 1988, E. Linares y G. Morales 2527 (COL); Albán, granjas del Padre Luna, El Gran Ciudadano, 2000 m, 18 mayo 2002, J. Ramos et al. 8 (COL). **Huila**: Cordillera Oriental, 15–20 km SE of El Garzón, 7200 ft. [2195 m], 7 feb 1945, E. Little 9404 (COL). **Magdalena**: at “Cleveland” in Mountains above, s. f., M. Foster 1369 (COL), M. Foster 1370 (COL); Estación de Investigación Forestal San Lorenzo, 2100 m, 14 ene 1967, K. Mägdefrau 1096 (COL); Sierra Nevada de Santa Marta, Pueblo Bollo, 1900 m, 4 feb 1967, K. Mägdefrau 1246 (COL); Municipio Santa Marta, de Cerro Quemado a Cincinnatti, 2600–2800 m 19 abr 1959, R. Romero 7786 (COL). **Putumayo**: Valle de Sibundoy, 1°12'N, 76°55'W, 2100 m, 6 feb 1964, sin colector 83 (COL). **Valle**: Río Reposo, Altegre, 18 sep 1967, W. Hagemann 477 (COL); San Antonio, W of Cali, near summit of Cordillera Occidental, 1900–2350 m, 26 feb–2 mar 1939, E. Killip y H. García 33 903 (COL, US).

ECUADOR. **Azuay**: slopes bordering Río Norcay between Río Gamolotal and Río Norcay, 1095–1370 m, 7 jun 1943, J. Steyermark 52871 (US). **Chimborazo**: Canion of the Río Chanchan, about 5 km N of Huigra, 5000–6500 ft. [1525–1980 m], 19–28 mayo 1945, W. Camp 3446 (US). **Imbabura**: in the vicinity of the Río verde, ca. 5 km SW from village of Maní, Río Cachaco, 0°46'N, 78°28'W, 1460 m, 4 jun 1980, C. Sperling y R. Bleiweiss 5042 (US).

PERU. **Amazonas**: Bagua, Third camp, Cordillera Colán, SE of La Peca, 6125–7150 ft. [1865–2180 m], 10 oct 1978, P. Barbour 3977 (US). **Junín**: Pichis Trail, Yapas, 1350–1600 m, 28–29 jun 1929, E. Killip y A. Smith 25552 (US).

VENEZUELA. **Amazonas**: Cerro Neblina, camp 7, S slopes of Cañón Grande, along new path to river and along river, 0°55'N, 66°0'W, ca. 1770–1850 m, 30 nov 1984, T. Croat 59483 (US). **Anzoátegui**: Distrito Libertad, ridges and tops of Montañas Negras, along the Sucre and Anzoátegui border, 20 airline km NE of Bergantín, NE of Buenos Aires, Serranía de Turimiquire, 10°04'30"N, 64°11'W, 2350 m, 28 nov 1981, G. Davidse y A. González 19585 (CR). **Bolívar**: Pteritepuí, S facing slopes overlying sandstone, between “Cave Rock”, and

base of high sandstone bluffs, 2285–2405 m, 30 oct 1944, J. Steyermark 59596 (US); Colonia Tovar, 2100 m, s. f., H. Pittier 9323 (US).

GUAYANAS. Cuyuni-Mazaruni Region, Mt. Maringma, plateau below Summit escarpment, 5°12'10,1"N, 60°35'16,4"W, 1610 m, 22 jun 2004, H. Clarke et al. 11900 (US).

SURINAM. Tafelberg (Table Mountain), N escarpment, between Augustus and N ridge Creeks, 28 jul 1944, B. Maguire 24188 (US).

BRASIL. **Minas Gerais**: Serra da Gramma, 1450 m, 19–25 abr 1925, A. Chase 9553 (US). **Sao Paulo**: Serra do Mar, 1000 m, 1908, L. Wacket 430 (US).

Especies nuevas

Radiovittaria andina A. Rojas, **sp. nov.** (fig. 1).

TIPO. ECUADOR. **Azuay**: Cuenca Cantón, Área Nacional de Recreación Cajas, between La Laguna-Llaviucu, via dirt road to main hwy. to Cuenca, 2°53'S, 79°08'W, 3100–3200 m, 23 sep 1995, J. Clark 1485 (Holotipo: US; Isotipo: COL).

Diagnosis. *Radiovittaria andina* is similar to *R. gardneriana* but differs in having longer rhizome scales (3–5 mm long vs. 2–3 mm), brown-golden (vs. dark brown), entire at margin (vs. dentate); longer stipe (2–4 cm long vs. 0,5–2,0 cm); proportionally longer blade (48–57 time longer than wide vs. 36–42 times); prominent costa adaxially (vs. few prominent adaxially) and few prominent abaxially (not evident abaxially); and distribute at high altitudinal distribution (2900–3800 m vs. 1000–2400 m).

Descripción. Rizoma 3–5 mm de diámetro, compacto; escamas del rizoma 3–5 × 0,2–0,3 mm, linear-lanceoladas, pardo-doradas, 5–8 células de ancho en la base, terminado en un ápice filiforme, margen entero; frondas (15–) 20–38 cm de largo, próximas; estípites 2–4 cm de largo, pardo a pardo oscuro, aplanado, concoloro o más oscuro que la lámina, rugoso longitudinalmente; lámina (13–) 17–34 × (0,25–) 0,3–0,7 cm, 48–57 veces más larga que ancha, linear-elíptica a linear, atenuada en ambos extremos; costa pajizo claro, glabra, adaxialmente concolora con la lámina pero prominente, abaxialmente poco prominente; aréolas en 1 hilera entre la costa y los márgenes, las nervaduras no visibles; soros marginales, pardos, sin indusio, someramente hundidos o casi superficiales, continuos a discontinuos; paráfisis 2–5-celulares, rojizos, la célula apical obcónica, muy agrandada; esporas monoletes.

Distribución. Conocida de la región Norte de la Cordillera de Los Andes en Colombia, Venezuela y Ecuador a 2900–3800 m.

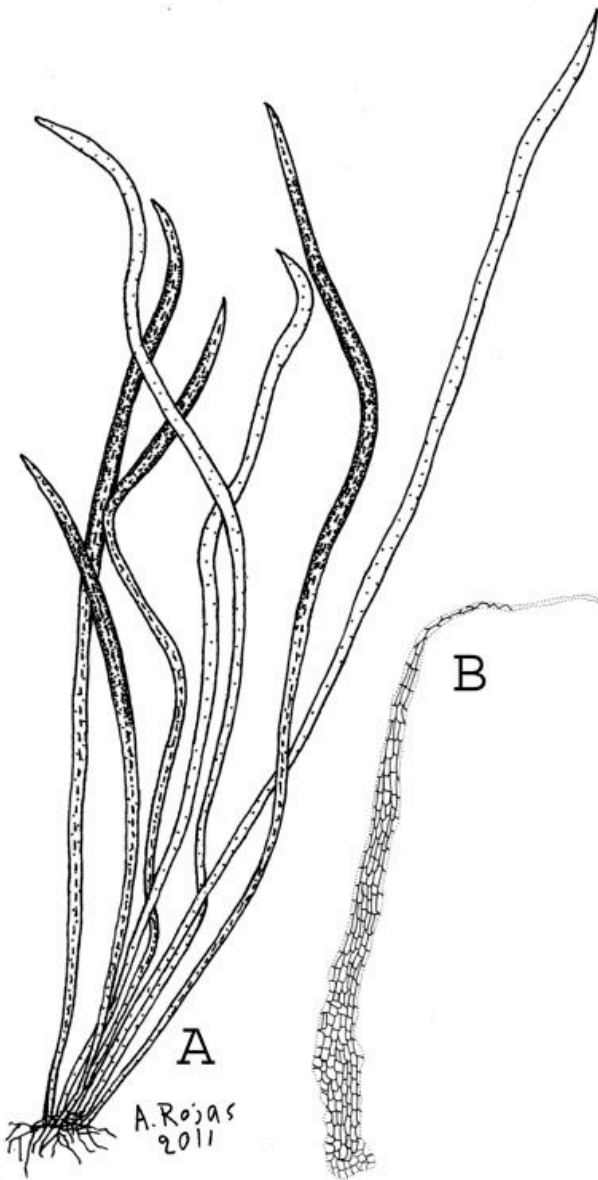


Figura 1. A-B. *Radiovittaria andina* (J. Clark 1485, COL): A. Aspecto general del espécimen tipo. B. Escama del rizoma. **Figure 1. A-B.** *Radiovittaria andina* (J. Clark 1485, COL): A. General aspect of type specimen. B. Rhizome scale.

Material adicional revisado

COLOMBIA. *Lehmann* 4487 (US). **Antioquia:** Municipio Urrao, camino al Páramo de Frontino, entre el 15 y Llano Grande, 3000 m, 18 mayo 1985, O. *Murulanda* 41 (COL). **Bogotá:** 1924, *Bro. Apoelinaire* 17 (US). **Boyacá:** de Monguí hacia el oriente, en el páramo llamado alto de Oseta, 3620 m, 23 oct 1967, R. *Jaramillo* et al. 4047 (COL); Duitama, Páramo de La Rusia, 3300 m, 23 sep 1985, O. *Rangel* et al. 3325 (COL). **Caldas:** Manizales, Vereda Letras, Finca Barcelonita-Aguas de Manizales, 3600 m, 25 feb 2005, D. *Sanín* et al. 1082 (FAUC, HUQ). **Cauca:** Macizo Colombiano, alrededores de la Laguna Cusiyoaco, 3200 m, 7–12 oct 1958, J. *Idrobo* et al. 4032 (COL). **Cundinamarca:** Municipio

Subachoque, El Tablazo, 3400 m, 23 jun 1998, H. *Dueñas* et al. 2986 (COL), Municipio Fómeque, Parque Nacional de Chingaza, 3290 m, 27 nov 1981, P. *Franco* y W. *Vasquez* 824 (COL); Municipio Subachoque, cuchilla de El Tablazo, 3600 m, 20 mar 1990, M. *Murillo* et al. 2269 (COL), M. *Murillo* et al. 2270 (COL); Mt. Chuscal, W of Zipaquira, edge of Tree-island in paramo valley, 3200–3300 m, 22 oct 1917, F. *Pennell* 2596 (US); Páramo de Huasca, 7 km E de Huasca, 40 km NE de Bogotá, 3000–3100 m, 28 sep 1961, R. *Tryon* y A. *Tryon* 5920 (COL, US); Laguna de Siecha, 3500 m, 13 ene 1985, J. *Wood* 4719 (COL). **Meta:** Páramo de Sumapaz, Hoya Sitiales, Laguna La Primavera y alrededores, 300 m NW de la laguna, 3580 m, 25 ene 1972, A. *Cleef* 1004 (COL); Cerro Nevado de Sumapaz, Quebrada El Buque, 3350 m, 14 ene 1973, A. *Cleef* 7863 (COL). **Nariño:** headwaters of Río Tellez, Soledad, Cordillera Oriental, 2900–3150 m, 2 dic 1944, J. *Ewan* 16519 (US). **Quindío:** Municipio de Salento, Reserva Biológica Estrella de Agua, 3315 m, 26 mar 1996, C. *López* 141 (HUQ), ídem, C. *López* 153 (HUQ).

VENEZUELA. **Mérida:** Disto. Rangel, Laguna Brava, entre el Río Los Granates y Loma de Paja, unos 15 km al E de la Sierra Nevada de Santo Domingo, 3380–3400 m, 14 sep 1974, L. *Ruiz* 6267 (US).

ECUADOR. **Carchi:** Nudo de Boliche, Voladero, 3800 m, 12 jun 1939, C. *William* y R. *Summers* 909 (US). **Imbabura:** Lago San Marcos, 11200 ft. [3415 m], 28 nov 1961, P. *Cazalet* y T. *Pennington* 5380 (US); ridge about 10 km S of Las Toldadas easterly from Cayambe Peak, 10650 ft. [3245 m], 15 jul 1944, I. *Wiggins* 10403 (US); ridge S of Río Clavadero, along trail to Río San Pedro, E of Cayambe Peak, 21 jul 1944, I. *Wiggins* 10434 (US).

Etimología. El nombre de esta especie hace referencia a su presencia en la Cordillera de Los Andes.

Comentarios. *Radiovittaria andina* se diferencia de *R. gardneriana* por escamas del rizoma 3–5 mm de largo (vs. 2–3 mm), pardodoradas (vs. pardo oscuras), margen entero (vs. dentado); estípites 2–4 cm de largo (vs. 0,5–2,0 cm); lámina 48–57 veces más larga que ancha (vs. 36–42 veces); costa prominente adaxialmente (vs. poco prominente adaxialmente) y poco prominente abaxialmente (no evidente abaxialmente); 2900–3800 m de altitud (1000–2400 m).

***Radiovittaria salvo-tierrana* A. Rojas, sp. nov.** (fig. 2).

Tipo: COLOMBIA. **Valle:** Agua Clara, along hwy. of Buenaventura to Cali, 100 m, 6 jul 1944, E. *Killip* y J. *Cuatrecasas* 38895 (Holotipo: US; Isotipos: COL, VALLE).

Diagnosis. *Radiovittaria salvo-tierrana* is similar to *R. gardneriana* but differs in having shorter rhizome scales (1,0–1,5 mm long vs. 2–3 mm), lanceolate (vs. linear-lanceolate), with short

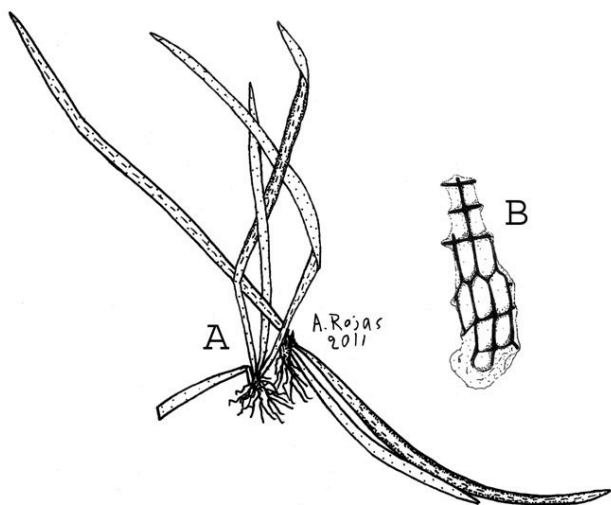


Figura 2. A-B. *Radiovittaria salvo-tierrana* (E. Killip & J. Cuatrecasas 38895, COL): **A.** Aspecto general del espécimen tipo. **B.** Escama del rizoma. **Figure 2. A-B.** *Radiovittaria salvo-tierrana* (E. Killip & J. Cuatrecasas 38895, COL): **A.** General aspect of type specimen. **B.** Rhizome scale.

apex (vs. long to filiform) with 2–3 cells of broad at base (vs. 3–7 cells) and they with thick walls (vs. medium); stipe 0,2–0,5 cm long (vs. 0,5–2,0 cm), dark brown to atropurpureous (vs. brown to dark brown); spores trilete (vs. monolete); 100–300 m of altitudinal elevation (vs. 1000–2400 m).

Descripción. Rizoma 2–4 mm de diámetro, compacto; escamas del rizoma 1,0–1,5 × 0,2–0,3 mm, lanceoladas, gris oscuras, 2–3 células de ancho en la base, las células 1,5–2 veces más largas que anchas, con paredes gruesas, terminado en un ápice corto, margen dentado; frondas (5–) 12–30 cm de largo, próximas; estípite 0,2–0,5 cm de largo, pardo oscuro a atropurpúreo, aplanado, continuo con la lámina, no rugoso longitudinalmente; lámina (5–) 11,5–29,5 × (0,25–) 0,3–0,6 cm, angostamente elíptica, 16–34 (–50) veces más larga que ancha, atenuada en ambos extremos; costa pajizo claro, glabra, poco prominente en ambas superficies; aréolas en 1 hilera entre la costa y los márgenes, las nervaduras no visibles; soros marginales, pardos, sin indusio, casi superficiales, continuos; paráfisos 2–5-celulares, rojizos, la célula apical obcónica, muy agrandada; esporas triletes.

Distribución. Conocida sólo de la vertiente Pacífica de la Cordillera de Los Andes en Colombia a 100–300 m.

Material adicional revisado

COLOMBIA. **Nariño:** 8 km de Barbacoas, 140 m, 6 jun 1973, *N. Leist y Möhle 2167* (COL). **Valle:** Municipio de Dagua, Planta Eléctrica Bajo Anchicayá, 300 m, 18 oct

1989, *C. Agudelo 415* (HUQ); Municipio Buenaventura, Bajo Anchicayá, Levantamiento, 3°45'N, 76°50'W, 300 m, 19 oct 1989, *A. Gentry et al. 68343* (COL), *idem*, *A. Gentry et al. 68374* (Holotype: COL); Hwy. near Buenaventura, 100 m, *O. Haught 5340* (COL, US).

Etimología. Esta especie es dedicada a Ángel Enrique Salvo Tierra, quien fue mi asesor en la tesis de Maestría en la Universidad de Andalucía, España, por sus innumerables contribuciones a los helechos de la Península Ibérica.

Comentarios. *Radiovittaria salvo-tierrana* se distingue de *R. gardneriana* porque presenta escamas del rizoma 1,0–1,5 mm de largo (vs. 2–3 mm), lanceoladas (vs. linear-lanceoladas), 2–3 células de ancho en la base (vs. 3–7 células), ápice corto (vs. largo a filiforme), paredes de las células gruesas (vs. medias); estípite 0,2–0,5 cm de largo (vs. 0,5–2,0 cm), pardo oscuro a atropurpúreo (vs. pardo a pardo oscuro); esporas triletes (vs. monoletes); 100–300 m de altitud (vs. 1000–2400 m).

Nueva combinación

Radiovittaria karsteniana (Mett.) A. Rojas, **comb. nov.** (fig. 3).

Vittaria karsteniana Mett., Ann. Sci. Nat. Bot., sér. 5, 2: 207. 1864. Lectotipo: Colombia, San Pedro, Pcia. Ocana, *Schlim 318* (BR!; Isolectotipo: US!). Lectotipo designado por Lellinger, Mem. New York Bot. Gard. 23: 18. 1972.

Descripción. Rizoma 3–5 mm de diámetro, compacto; escamas del rizoma 2–5 × 0,2–0,3 mm, linear-lanceoladas, pardo-doradas a pardo-grisáceas, 2–4 células de ancho en la base, las células 4–8 veces más largas que anchas, con paredes delgadas, terminado en ápice filiforme, margen entero; frondas 8–16 cm de largo, próximas; estípite 0,2–0,5 cm de largo, pardo claro, aplanado, concoloro o más oscuro que la lámina, no rugoso longitudinalmente; lámina 7,5–15,5 × 0,4–0,7 cm, angostamente elíptica, 18–22 veces más larga que ancha, atenuada en ambos extremos; raquis pajizo claro, glabro; costa adaxialmente resaltada, concolora con la lámina, abaxialmente no prominente; aréolas en 1 hilera entre la costa y los márgenes, las nervaduras visibles dorsalmente; soros marginales, pardos, sin indusio, superficiales, continuos a discontinuos; paráfisos 2–5-celulares, rojizos, la célula apical obcónica, muy agrandada; esporas monoletes.

Distribución. Conocida sólo de la Cordillera de Los Andes en Colombia y Ecuador a 2200–2970 m.

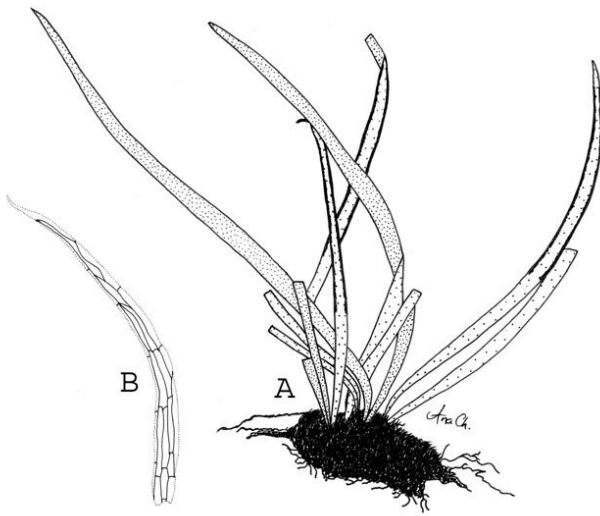


Figura 3. A-B. *Radiovittaria karsteniana* (I. Medina & M. Zamudio 113, COL): **A.** Aspecto general del espécimen tipo. **B.** Escama del rizoma. **Figure 3. A-B.** *Radiovittaria karsteniana* (I. Medina & M. Zamudio 113, COL): **A.** General aspect of type specimen. **B.** Rhizome scale.

Material adicional revisado

COLOMBIA. **Cundinamarca:** Municipio Silvania, km 34 de la carretera a Fisagasugá, 2590 m, 19 mar 1974, C. Acosta 169 (COL); road from Bogotá to Silvania, 20 km S of Bogotá, 22 jul 1972, D. Barrington 462 (COL); 3 km SW of Charquita, 25 km WSW of Bogotá, 2800 m, 13 abr 1944, M. Grant 9002 (COL, US); Moquentiva Valley, 14 km NW of Gachetá, 2600 m, 26 jun 1944, M. Grant 9520 (COL, US); Caretera Bogotá-Insagasuga, San Miguel, 2200 m, 27 ago 1967, W. Hageman 193 (COL); Municipio Sibaté, San Miguel, caserío, 2500 m, 20 oct 1972, W. Hageman y N. Leist 1276 (COL); Municipio de San Francisco, vereda Sabaneta, Hacienda San Pedro, parte SW del bosque, 2600–2800 m, 6 jul 1983, I. Medina y M. Zamudio 113 (COL). **Quindío:** Municipio de Genova, Vereda San Juan Alto, Finca la Caucasia, 2500–2780 m, 19 mar 1995, C. Vélez et al. 5021 (HUQ). **Risaralda:** Municipio Santa Rosa, Cordillera Central, vertiente Occidental, Hacienda Berlín, 2890 m, 30 ene 1980, R. Jaramillo et al. 6119 (COL); Municipio Santa Rosa de Cabal, camino real entre Termales de Santa Rosa y Hacienda la Sierra, Finca Berlín, 4°50'N, 75°31'W, 2970 m, 1 feb 1986, J. Wolf 671 (COL).

ECUADOR. Alto del Tabano, 4 mayo 1876, E. André 81 (US).

Comentarios. *Radiovittaria karsteniana* se diferencia de *R. gardneriana* por escamas del rizoma 2–4 células de ancho en la base (vs. 3–7 células), las células 4–8 veces más largas que anchas vs. 1,5–3,5 veces), con paredes delgadas (vs. medias); estípote 0,2–0,5 cm de largo (vs. 0,5–2,0 cm), pardo claro (vs. pardo a pardo-oscuro); lámina angostamente elíptica (vs. linear-elíptica a linear), 18–22 veces más larga que ancha (vs. 36–

42 veces). También se asemeja a *R. salvo-tierrana* por presentar frondas relativamente cortas y estípote corto, pero difiere por escamas del rizoma 2–5 mm de largo (vs. 1,0–1,5 mm), linear-lanceoladas (vs. lanceoladas), ápice largo a filiforme (vs. corto), las células 4–8 veces más largas que anchas (1,5–2 veces), paredes de las células delgadas (vs. gruesas); estípote pardo claro (vs. pardo oscuro a atropurpúreo); esporas monoletes (vs. triletes); 2200–2970 m de altitud (vs. 100–300 m).

Clave para las especies de *Radiovittaria*

1. Lámina 2–5 (–7) cm de largo, 3–5 veces más larga que ancha, elíptica a oblanceolada ***R. minima***
- 1'. Lámina (5–)10–60(–100) cm de largo, más de 7 veces más larga que ancha, angostamente elíptica a linear **2**
2. Escamas del rizoma pardo-amarillentas, subclatradas; estípote pajizo ***R. latifolia***
- 2'. Escamas del rizoma gris oscuro a atropurpúreas, clatradas; estípote pardo a negro **3**
3. Estípote terete, liso; frondas (20–) 30–60 (–100) cm de largo; soros hundidos **4**
4. Escamas del rizoma 0,4–0,7 mm de ancho en la base, ovadas a lanceoladas, con 8–14 hileras de células en la base ***R. williamsii***
- 4'. Escamas del rizoma 0,1–0,3 mm de ancho en la base, lineares a linear-filiformes, con 1–7 (–10) hileras de células en la base **5**
5. Escamas del rizoma 3–5 mm de largo, 4–7 (–10) células de ancho en la base; 1500–2500 m de altitud ***R. moritziana***
- 5'. Escamas del rizoma 1,0–2,5 mm de largo, 1–2(–3) células de ancho en la base; 0–1700 m de altitud ***R. stipitata***
- 3'. Estípote aplanado, rugoso longitudinalmente; frondas (5–) 10–25 (–38) cm de largo; soros superficiales o sólo ligeramente hundidos **6**
6. Lámina 9–20 mm de ancho; nervadura transversal llegando al margen más allá del punto de donde surge de la costa la siguiente nervadura del mismo lado ***R. remota***
- 6'. Lámina 3–7 mm de ancho; nervadura lateral alcanzando el margen por debajo del punto donde surge de la costa a la siguiente nervadura del mismo lado **7**
7. Escamas del rizoma 1,0–1,5 mm de largo, lanceoladas, ápice corto, paredes de las células gruesas, las células 1,5–2,0 veces más largas que anchas; estípote pardo oscuro a atropurpúreo; esporas triletes; 100–300 m de altitud ***R. salvo-tierrana***
- 7'. Escamas del rizoma 2–5 mm de largo, linear-lanceoladas, ápice largo a filiforme, paredes de las células medias a delgadas, las células 2–8 veces más largas que anchas; estípote pardo claro a oscuro; esporas monoletes; 1000–3800 m de altitud **8**
8. Escamas del rizoma 2–4 células de ancho en la base, las células 4–8 veces más largas que anchas, con paredes delgadas; estípote 0,2–0,5 cm de largo, pardo claro; lámina angostamente elíptica, 18–22 veces más larga que ancha ***R. karsteniana***
- 8'. Escamas del rizoma (2–) 4–8 células de ancho en la base, las células 1,5–3,5 veces más largas que

anchas, con paredes medias a gruesas; estípites 0,5–4,0 cm de largo, pardo a pardo oscuro; lámina linear-elíptica a linear, 36–57 veces más larga que ancha.

- 9
9. Escamas del rizoma 3–5 mm de largo, pardo-doradas, margen entero; estípites 2–4 cm de largo; lámina 48–57 veces más larga que ancha; costa prominente adaxialmente y poco prominente abaxialmente; 2900–3800 m de altitud **R. andina**
- 9'. Escamas del rizoma 2–3 mm de largo, pardo oscuras, margen dentado; estípites 0,5–2,0 cm de largo; lámina 36–42 veces más larga que ancha; costa poco prominente adaxialmente y no evidente abaxialmente; 1000–2400 m de altitud **R. gardneriana**

Agradecimientos

Agradezco a los conservadores de los herbarios COL, CR, FAUC, HUQ, US y VALLE por permitirme revisar sus colecciones, a la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), al Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICIT) por el apoyo financiero. A Ana Chavarría y a Christian Herrera Martínez por sus excelentes ilustraciones. A los revisores anónimos que ayudaron a mejorar este trabajo.

Referencias

- Crane, E.H. (1997). A Revised Circumscription of the Genera of the Fern Family Vittariaceae. *Syst. Bot.*, 22(3), (3): 509–517.
- Crane, E.H., Farrar, D.R. & Wendel, J.F. (1995). Phylogeny of the Vittariaceae: Convergent simplification Leads to a Polyphyletic *Vittaria*. *Amer. Fern J.*, 5(4): 285–305.
- Gómez, L.D. & Arbeláez, A.L. (2009). *Flora de Nicaragua*. Tomo IV: Helechos. Missouri Botanical Garden. Saint Louis, Missouri. 348 p.
- Lellinger, D.B. (1989). *The ferns and fern-allies from Costa Rica, Panama, and the Chocó*.
- Mickel, J.T. & Smith, A.R. (2004). The Pteridophytes of Mexico. *Mem. New York Bot. Gard.*, 88, 1030 p.
- Moran, R.C. (1995). Vittariaceae, p. 145–150. In: R.C. Moran & R. Riba (editores). *Flora Mesoamericana*. Volumen 1: Psilotaceae a Salviniaceae. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.
- Murillo, M.T., Murillo, J., León, A. & Triana L.A. (2008). *Los Pteridofitos de Colombia*. 2008. Arfo. Bogotá, D.C. 533 p.
- Tryon, R.M. & Stolze, R.G. (1989). Pteridophyta of Peru. Part II. 13-Pteridaceae- 15. Dennstaedtiaceae. *Fieldiana Bot.* n. s., 22: 83–93.

Diversidad de los helechos y licófitos de Colombia

José Murillo-A. & M.T. Murillo-P.†

Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia,
Carrera 30 N° 45-03, ed. 425, Bogotá, Colombia

Correspondencia

J. Murillo

e-mail: jcmurilloa@unal.edu.co

Recibido: 22 de mayo 2017

Aceptado: 29 agosto 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

Se presenta el análisis de la diversidad de helechos y licófitos para Colombia. En el país se registran 1633 especies, 44 taxones infraespecíficos y 9 híbridos, los que se distribuyen en 157 géneros y 41 familias, 184 especies pertenecen a los licófitos. Las familias con mayor número de géneros son Polypodiaceae (27), Pteridaceae (24) y Dryopteridaceae (16) y las de mayor riqueza específica son Dryopteridaceae (291 spp.), Polypodiaceae (246 spp.) y Pteridaceae (170 spp.). El género con el mayor número de especies es *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm. (186 spp.). Un género (*Luisma* M.T. Murillo & A.R. Sm.) y 97 especies son endémicas. La región Andina es donde se presenta la mayor diversidad, 1199 especies incluidas en 142 géneros, la región Caribe y la Orinoquía son las menos diversas. El departamento con mayor diversidad es Antioquia (869 spp.) seguido de Cundinamarca con 573 spp. Las especies con mayor área de distribución son *Pityrogramma calomelanos* (L.) Link, *Palhihaea cernua* (L.) Vasc. & Franco y *Tectaria incisa* Cav. Los helechos y licófitos se encuentran desde el nivel del mar hasta cerca de los 5000 m, no obstante, se concentran entre 1500 y 2000 m.

Palabras clave: Distribución, diversidad, pteridófitos

Abstract

Diversity of ferns and lycophytes of Colombia

The diversity analysis of the ferns and lycophytes for Colombia is presented. There are 1633 species, 44 infraspecific taxa, and 9 hybrids included in 157 genera and 41 families, 184 species belong to the lycophytes. The families with the greatest number of genera are Polypodiaceae (27), Pteridaceae (24), and Dryopteridaceae (16). Families with the most number of species are Dryopteridaceae (291 spp.), Polypodiaceae (246 spp.), and Pteridaceae (170 spp.). The genus with the highest number of species is *Elaphoglossum* (186 spp.). One genus (*Luisma*) and 97 species are endemic. The greatest diversity occurs at the Andean region, where are found 1199 species belonging to 142 genera. The Caribbean region and Orinoquía are the least diverse. The department with the greatest diversity is Antioquia (869 spp.) followed by Cundinamarca with 573 spp. The species with the largest distribution range are *Pityrogramma calomelanos*, *Palhihaea cernua* and *Tectaria incisa*. The ferns and lycophytes are found from sea level up to 5000 m, but they are concentrated between 1500 and 2000 m.

Key words: Distribution, diversity, pteridophytes

Introducción

El estudio de los helechos y licófitos en

Colombia se remonta a los primeros trabajos de M.T. Murillo en 1966, cuando presentó el catálogo de las plantas del departamento de Cundinamarca.

Posteriormente, han aparecido una variedad de trabajos principalmente de índole taxonómico, y algunos de tipo ecológico, que permiten conocer una aproximación de la diversidad florística de estos grupos de plantas en el país. Dentro de estos trabajos están las revisiones de: *Blechnum* L. (M.T. Murillo, 1968), *Schizaea* Sm. (Murillo-P., 1986), Culcitaceae, Dicksoniaceae, Lophosoriaceae, Loxsomataceae, Metaxyaceae, Plagiogyriaceae (Murillo-P., 1988a), *Pteris* L. (Arbeláez, 1996), *Pityrogramma* Link (Murillo-A. & Murillo-P., 1999), *Salpichlaena* J. Sm. (Murillo-P., 2001), *Luisma* (Murillo-P. & Smith, 2003), *Anemia* Sw. (Murillo-P. & Murillo-A., 2004), *Lellingeria* A.R. Sm. & R.C. Moran L. (Forero & Murillo, 2010), *Ceradenia* L.E. Bishop (León, 2012) y *Pecluma* M.G. Price (Triana, 2015a). Actualmente, se están elaborando las revisiones de los géneros *Cyathea* Sm. (Giraldo, com pers.), *Dennstaedtia* Sm. (Rey et al., com pers.), *Meniscium* Schreb. (Forero, com. pers.), *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. (Camelo com. pers.) y *Serpocaulon* A.R. Sm (Sanin com pers.). Además, han aparecido listados de algunas familias para Colombia como los de Lycopodiaceae (Murillo-P. & Murillo-A., 1999), Cyatheaceae (Murillo-A. & Murillo-P., 2003) y Dryopteridaceae (León & Murillo-P., 2005).

Dentro de los estudios regionales se cuenta con los trabajos de Murillo-P. (1997) para la sierra de La Macarena, donde se registran 180 especies. Murillo-A. et al. (2010) presenta para la región Caribe un listado de 429 especies. Murillo-P. (2000) registra 345 especies para los páramos colombianos. Murillo-A. (2004) para el Chocó biogeográfico presenta un listado de 425 especies. Rodríguez (2011) registra 768 especies para Antioquia y Rincón et al. (2014) para la Orinoquía registran 254 especies.

Entre los estudios de carácter más local se encuentran los de Giraldo & Mejía (2002), Rodríguez (2002) y Toro (2009) en Antioquia, los de Barrera et al. (1996a), López et al. (2007), Méndez & Murillo-A. (2014) en Boyacá, los de Sanín et al. (2006, 2008) en Caldas, el de Alfonso & Murillo-A. (2000) en Caquetá, los de Murillo-P. (1988b), Murillo-P. & Lozano (1989), Ramírez & Macías (2007) en Cauca, los de Lellinger & de La Sota (1972), Forero & Gentry (1989) y Lellinger (1989) en Chocó, los de Murillo-P. (1966), Murillo-P. & Murillo-A. (2001), Triana & Murillo-A. (2005) y Murillo-A. et al. (2008) en Cundinamarca, y el de Ramírez & Mendoza (2002) en Nariño.

Son pocos los estudios de índole ecológico realizados en Colombia, entre ellos, León & Murillo-A. (2004) hace un estudio de la distribución de los helechos en diferentes paisajes de

Araracuara (Amazonas) y en esta misma región, Polanía & Murillo-A. (2004) caracterizaron la distribución espacial de este grupo de plantas. Barrera et al. (1996b) hacen un análisis de la distribución de las epífitas y Murillo-P et al. (2002) analizan la distribución altitudinal de los helechos y licófitos al suroriente de Cundinamarca.

Un consolidado del número de especies de helechos y licófitos para Colombia fue presentado inicialmente por Murillo-P. & Harker (1990) quienes registraron cerca de 1300 especies, y más recientemente Murillo-P. et al. (2016) presentan un listado con 1643 especies. No obstante, trabajos en Cyatheaceae (Giraldo com pers.) y *Blechnum* (Rojas com pers.) muestran que la composición para el país variará debido a que se están describiendo nuevas especies. En este estudio se presenta un análisis de la composición y distribución de los helechos y licófitos en Colombia.

Métodos

Este estudio se realizó con base en la información contenida en el catálogo de plantas de Colombia (Murillo-P., et al., 2015; Murillo-P. et al., 2016), las colecciones de los Herbarios COL, UPTC, TOL, PAMPLONA, publicaciones recientes de Rojas et al. (2016), Cárdenas et al. (2016) y un gran número de trabajos sobre revisiones, catálogos y especies nuevas, bibliografía que será facilitada por el primer autor. La información se registró en una base de datos, la que facilitó la obtención de cada una de las tablas presentadas. En este estudio se siguió la clasificación propuesta por PPGI (2016).

Resultados

Composición

En Colombia se registran 1633 especies, 44 taxones infraespecíficos y 9 híbridos distribuidos en 157 géneros y 41 familias, la mayoría de las cuales corresponden a los helechos, mientras que 184 especies, 10 géneros y 3 familias representan a los licófitos. Las familias con mayor número de géneros son Polypodiaceae (27), Pteridaceae (24) y Dryopteridaceae (16). Diez familias tienen entre 3 y 9 géneros y 19 solo están representadas por un género (tab. 1). Las familias con la mayor riqueza específica son Dryopteridaceae (291 spp.), Polypodiaceae (246 spp.), Pteridaceae (170 spp.) e Hymenophyllaceae (123 spp.). En pocas familias está concentrada el mayor número de especies, en 10 aparece el 79.6% (1306 spp.) de la riqueza del país, mientras que en 24 familias solo se registran 88 especies (5.36%) (tab. 1). Los géneros con

Familia	No. Géneros	No. Especies	Amazonia	Andes	Pacífica	SNSM
Polypodiaceae	27	246	36	201	59	57
Pteridaceae	24	170	24	123	50	50
Dryopteridaceae	16	291	30	222	65	52
Blechnaceae	9	39	5	33	9	13
Thelypteridaceae	8	105	12	75	48	21
Lycopodiaceae	8	83	8	67	10	16
Hymenophyllaceae	6	123	38	82	51	22
Dennstaedtiaceae	6	32	3	32	8	9
Gleicheniaceae	4	30	3	24	12	9
Cyatheaceae	3	113	19	85	31	17
Lindsaeaceae	3	27	19	10	7	3
Tectariaceae	3	25	7	15	19	4
Ophioglossaceae	3	6	0	5	1	4
Aspleniaceae	2	80	13	58	26	32
Marattiaceae	2	22	7	10	11	5
Schizaceae	2	8	7	1	1	1
Lomariopsidaceae	2	7	3	4	3	1
Salviniaceae	2	7	5	3	4	0
Marsileaceae	2	5	0	4	0	0
Woodsiaceae	2	4	0	3	0	1
Dicksoniaceae	2	3	0	3	1	3
Osmundaceae	2	2	0	2	0	0
Selaginellaceae	1	91	27	47	41	13
Athyriaceae	1	54	6	45	22	11
Anemiaceae	1	14	1	10	1	7
Isoetaceae	1	10	1	9	0	2
Nephrolepidaceae	1	8	4	7	7	4
Metaxyaceae	1	4	3	1	1	0
Oleandraceae	1	4	2	3	4	1
Equisetaceae	1	3	1	3	0	2
Lygodiaceae	1	3	1	1	2	2
Saccolomataceae	1	3	2	2	2	2
Davalliaceae	1	2	0	1	0	0
Psilotaceae	1	2	0	1	1	0
Culcitaceae	1	1	0	1	0	0
Cystopteridaceae	1	1	0	1	0	1
Didimoclaenaceae	1	1	1	1	1	1
Hemidictiaceae	1	1	0	1	1	1
Lonchitidaceae	1	1	0	1	1	1
Loxsomataceae	1	1	0	1	0	0
Plagiogyriaceae	1	1	0	1	0	0
Total	157	1633	288	1199	500	368

Tabla 1. Número de géneros y especies por familia y distribución de las especies por las Regiones Naturales más diversas. (SNSM: Sierra Nevada de Santa Marta). **Table 1.** Number of genera and species by family and distribution of species by the most diverse Natural Regions.

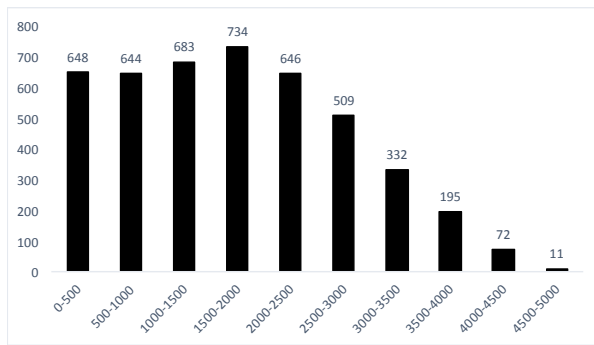


Figura 1. Distribución altitudinal de los helechos y licófitos en Colombia. Los números sobre las barras indican la cantidad de especies por rango altitudinal.
Figure 1. Altitudinal distribution of ferns and lycophytes in Colombia. The numbers on the bars indicate the number of species by altitudinal range.

mayor número de especies son *Elaphoglossum* (186 spp.), *Cyathea* (104 spp.) y *Selaginella* P. Beauv. (91 spp.). En solo 12 géneros se concentra cerca del 50 % (827 spp.) de la riqueza específica y en 118 géneros se presentan entre 1 y 9 especies (21.45%) (tab. 2).

Endemismos

En Colombia se encuentra un género endémico (*Luisma*), restringido al departamento de Risaralda y representado por dos colecciones depositadas en COL, y 97 especies endémicas, las que pertenecen a 39 géneros y que representan el 6% de las especies colombianas. En *Elaphoglossum* (12 spp.), *Cyathea* (10 spp.) y *Phlegmariurus* Holub (8 spp.) se encuentra el mayor número de especies endémicas, los otros géneros poseen menos de 6 especies, en 16 géneros hay solo una especie endémica (tab. 3). En la región Andina se encuentra la mayor cantidad de endemismos (70 spp.) seguida de la región Pacífica (21 spp.), en las restantes regiones hay menos de 6 especies y en la región Caribe no se registran endemismos (tab. 4). Los departamentos con mayor número de endemismos son Antioquia (27), Boyacá (20), Chocó (20), Valle del Cauca (18) y Cundinamarca (17), en 16 departamentos hay entre 1 y 14 especies y en los restantes 11 no se presentan. 52 especies están presentes en un solo departamento y 38 solo se conocen del espécimen tipo.

Distribución

La región Andina es donde se presenta la mayor diversidad de helechos y licófitos, se registran 1199 especies incluidas en 142 géneros y 41 fami-

lias, en las otras regiones se presentan menos de 502 especies, y en la región Caribe y la Orinoquía es donde se encuentra la menor diversidad 165 y 134 spp., respectivamente (tabs. 1, 5). Las familias más diversas tienen una distribución principalmente Andina (tab. 1). El departamento con mayor diversidad es Antioquia (873 spp.) seguido de Cundinamarca (574 spp.), Chocó (541 spp.), Cauca (502 spp.) y Nariño (498) (tab. 6). Los departamentos más diversos se concentran en la región Andina, Pacífica y los de menor diversidad en la Orinoquía y en algunos del Caribe. En general, las familias y los géneros son más diversos en la región Andina (tabs. 1, 2, 5). Las especies con mayor área de distribución son *P. calomelanos*, *P. cernua* y *T. incisa*. Hay 415 especies con distribución restringida, solo aparecen en un departamento.

Los helechos y licófitos se encuentran a lo largo del rango altitudinal hasta cerca de los 5000 m, no obstante, se concentran en alturas menores de 2500 m, con la mayor diversidad entre 1500 y 2000 m (734 spp.), en alturas superiores la diversidad disminuye (fig. 1).

Especies introducidas

En Colombia se registran seis especies naturalizadas, *Christella dentata* (Forssk.) Brownsey & Jermy, *Macrothelypteris torresiana* (Gaudich.) Ching y *Nephrolepis brownii* (Desv.) Hovenkamp & Miyam., las cuales son más ampliamente distribuidas que *Pteris cretica* L., *Pteris vittata* L., *Selaginella plana* (Desv. ex Poir.) Hieron. y *Selaginella willdenowii* (Desv. ex Poir.) Baker que se distribuyen en menos de tres departamentos. Dentro de las especies cultivadas están: *Davallia canariensis* (L.) Sm., *Davallia fejeensis* Hook., *Microsorium punctatum* (L.) Copel., *Neoblechnum brasiliense* (Desv.) Gasper & V.A.O. Dittrich, *Nephrolepis cordifolia* (L.) C. Presl, *Platynerium angolense* Welw. ex Hook., *Platynerium bifurcatum* (Cav.) C. Chr., *Rumohra adiantiformis* (G. Forst.) Ching y *Salvinia molesta* D.S. Mitch.

Discusión y Conclusiones

La riqueza de helechos y licófitos se ha atribuido a diferentes factores, entre ellos la altitud y la humedad (Ferrer & Vetaas, 2005), y en general, se ha encontrado que las regiones tropicales montañosas y con alta humedad poseen la mayor riqueza de estos grupos de plantas, con una disminución hacia las regiones árticas y desiertos (Kreft et al., 2010), no obstante, se ha propuesto que la humedad es el factor que más determina la riqueza de estas plantas (Chen et al.,

Género	No. de especies	Amazonia	Andes	Pacífica	SNSM
<i>Elaphoglossum</i>	186	10	142	30	33
<i>Cyathea</i>	104	18	73	27	16
<i>Selaginella</i>	91	27	47	41	13
<i>Asplenium</i>	72	12	55	25	29
<i>Phlegmariurus</i>	65	1	52	7	11
<i>Hymenophyllum</i>	55	4	49	11	7
<i>Diplazium</i>	54	6	45	22	11
<i>Amauropleta</i>	50	1	45	7	10
<i>Trichomanes</i>	44	28	20	25	5
<i>Adiantum</i>	41	9	20	20	12
<i>Jamesonia</i>	34	0	32	0	7
<i>Pteris</i>	31	4	28	9	12
27 géneros	10–26				
118 géneros	9 ó menos				

Tabla 2. Número de especies por género y su distribución por las Regiones Naturales con mayor riqueza de helechos y licófitos. (SNSM: Sierra Nevada de Santa Marta). **Table 2.** Number of species by genus and their distribution by the Natural Regions with greater richness of ferns and lycophytes.

2011; Bickford & Laffan, 2006; Kreft et al., 2010). No solo la altitud sino la humedad son factores que determinan una amplia gama de paisajes que posee Colombia, en donde se presentan cinco regiones naturales, la Andina con tres cordilleras, y en el Choco Biogeográfico y en la amazonia con una abundante precipitación y alta humedad relativa hacen de Colombia un país muy diverso paisajísticamente y con los factores más importantes para tener una gran diversidad de helechos y licófitos.

En el trabajo de Murillo-P. & Harker (1990) apareció el primer listado de las especies colombianas de helechos y licófitos, donde se registraron cerca de 1300 especies, más recientemente Murillo-P et al. (2016) elevan el número a 1643, y con algunas correcciones en este estudio se consideran 1633 especies, las que representan cerca del 46% de la diversidad presente en América (Tryon & Tryon, 1982) y el 6.9% de la flora vascular colombiana, la cual se estima en 23761 especies (Bernal et al., 2016). Regiones como Mesoamérica (1358 spp.; Moran & Riba, 1995) o países altamente diversos como Ecuador (1298 spp.; Jørgensen & León, 1999) poseen una riqueza mucho menor (tab. 6), es decir, en Colombia se encuentra entre un 16.8% y un 53.5% de mayor riqueza que en otros países de la región, por tanto, Colombia se posiciona como el país con mayor diversidad de estos grupos vegetales en América. Cabe resaltar que a pesar de

tener en Colombia un mayor número de especies, las familias más ricas son las mismas altamente diversas que en otros países latinoamericanos (Mehltreter & Palacios, 2002)

Los helechos y licófitos y las plantas con semillas están espacialmente muy correlacionados (Bhattarai et al., 2004; Kreft et al., 2010; Chen et al., 2011), lo que podría implicar vínculos funcionales entre todos estos grupos de plantas (Chen et al., 2011). La diversificación de los helechos polipodioides (epífitos) fue posterior a la diversificación de las plantas con flores, lo que sucedió en el cretáceo (Schneider et al., 2004), y teniendo en cuenta la gran diversidad arbórea del país, que registra cerca de 7800 especies (Bernal et al., 2016), y la gran extensión de los bosques del país junto con la gran humedad, hacen que el hábitat que podrían ocupar los helechos y licófitos en Colombia, especialmente los epífitos, sea considerable. Todas estas condiciones podrían ayudar a explicar su gran riqueza en el país.

Los patrones de distribución muestran que tanto las familias como los géneros más diversos tienen una distribución principalmente andina, con excepción de *Lindsaea* Dryand ex. Sm., *Trichomanes* L., Salviniaceae y Schizaceae que son principalmente amazónicos, y Tectariaceae y Marattiaceae del pacífico, lo cual podría sugerir que los Andes tuvieron una gran importancia en el proceso de diversificación de los helechos y licófitos en el noroeste de Suramérica, como

Género	Endémicas/ colombianas	% de endémicas
<i>Elaphoglossum</i>	12/186	6.45
<i>Cyathea</i>	10/104	9.61
<i>Phlegmariurus</i>	8/65	12.3
<i>Diplazium</i>	6/54	11.1
<i>Ceradenia</i>	5/24	20.8
<i>Lellingeria</i>	4/18	22.2
<i>Jamesonia</i>	3/34	8.8
<i>Amauropelta</i>	3/50	6
15 géneros	2	
16 géneros	1	
39 géneros	97/1633	6

Tabla 3. Número de especies endémicas por género.
Table 3. Number of endemic species by genus.

Región Natural	No. de especies
Andina	70
Pacífica	21
Valles interandinos	6
Región Guayana y La Macarena	4
SN Santa Marta	2
Orinoquia	3
Amazonia	1
Caribe	0

Tabla 4. Número de especies endémicas por Región Natural.
Table 4. Number of endemic species by Natural Region.

Regiones Naturales	Familias	Géneros	Especies
Andina	41	142	1199
Pacífica	31	97	500
SN Santa Marta	32	98	368
Amazonia	28	78	288
Valles interandinos	26	70	240
Región Guayana y La Macarena	25	76	215
Caribe	31	76	165
Orinoquia	21	54	134

Tabla 5. Distribución de los helechos y lícofitos por Regiones Naturales.
Table 5. Distribution of ferns and lycophytes by Natural Regions.

Departamento	No. de especies	Departamento	No. de especies
Antioquia	873	Caldas	213
Cundinamarca	574	Amazonas	212
Chocó	541	Cesar	146
Cauca	502	Quindío	104
Nariño	498	Guajira	84
Valle del Cauca	469	Guainia	50
Boyacá	468	Bolivar	45
Santander	420	Vichada	44
Magdalena	388	Casanare	35
Meta	346	Arauca	33
Putumayo	286	Guaviare	31
Huila	282	Córdoba	24
Norte de Santander	276	Atlantico	10
Tolima	243	San Andrés y Providencia	6
Risaralda	224	Sucre	6
Caquetá	223		

Tabla 6. Número de especies por departamento.
Table 6. Number of species by department.

País o región	Número de especies
Colombia	1633 (Este estudio)
Mesoamérica	1358 (Moran & Riba, 1995)
Ecuador	1298 (Jørgensen & León, 1999)
Perú	1200 (Smith et al., 2005)
Brasil	1176 (Forzza et al., 2010)
Venezuela	1155 (Hokche et al., 2008)
Bolivia	1145 (Jørgensen et al., 2015)
México	1008 (Mickel & Smith, 2004)
Cono Sur, América	759 (Zuloaga et al. 2008)

Tabla 7. Diversidad de helechos y licófitos en América.
Table 7. Diversity of ferns and lycophytes in America.

ha sido propuesto para diversos grupos de angiospermas (Hughes & Eastwood, 2006; Chacón et al., 2012). Géneros como *Ceradenia*, *Isoëtes* L., *Jamesonia* Hook. & Grev., *Phlegmariurus*, *Melpomene* A.R. Sm. & R.C. Moran, *Plagyogiria* (Kunze) Mett., *Loxsomopsis* H. Christ son principalmente altoandinos, mientras que *Adiantum* L., *Didymoglossum* Desv., *Goniopteris* C. Presl, *Lindsaea*, *Microgramma* C. Presl, *Selaginella*, *Tectaria* Cav., *Trichomanes* son principamnete de zonas bajas, menores de 500 m de altitud.

En Colombia los helechos y licófitos están ampliamente distribuidos desde el nivel del mar hasta cerca de los 5000 m, su mayor diversidad se encuentra entre los 1500 y 2000 m, resultados similares se han encontrado en otras zonas de América (Kessler, 2000) y de África (Battarai et al., 2004). En Colombia, en alturas menores la diversidad disminuye poco (648-683 spp., fig. 1) incluso a los 2500 m se registran 646 especies, pero a mayor altitud la diversidad se reduce fuertemente (fig. 1), lo que resulta en una curva sesgada hacia la izquierda, contrario a lo que ocurre en estudios locales, donde la distribución es unimodal con un máximo entre 1500 y 2000 m (Kessler, 2000; Battarai et al. 2004). Al parecer, la gran diversidad paisajística y la alta humedad en las zonas bajas colombianas permiten una gran riqueza, al menos de helechos, que podrían permitir una distribución diferente que la obtenida en áreas más locales.

Estudios exhaustivos para conocer la composición y distribución de las especies de helechos y licófitos del país no se han realizado, y por tanto es probable que la riqueza en las diferentes regiones del país podría estar subestimada. En revisiones recientes en Caldas (Triana, 2015b) se propone que en el departamento hay 343 especies, no obstante, nuestros datos solo reconocen 213 spp., para el Meta (Gutiérrez et al., en prep.) se registran 53 especies más a las 348 que tenemos registradas y para Sucre (Calderón, com. pers.) eleva el número de especies de 6 a cerca de 40. Para Antioquia Rodríguez (2011) registró 768 especies, pero aquí tenemos 101 registros más, y para Boyacá Bravo (2015) registra 431 ssp. y en este estudio tenemos 38 registros más. Por lo tanto, un estudio regional más detallado permitirá tener una idea más clara de cuál es la distribución de las especies colombianas.

A pesar de tener revisiones o sinopsis de algunos de los géneros colombianos y que permiten establecer su diversidad específica en el país, géneros como *Elaphoglossum* (186 spp.), el más diverso de Colombia, *Selaginella* (91 spp.), *Asplenium* L. (72 spp.), *Diplazium* Sw. (54 spp.), *Trichomanes* (44 spp), *Adiantum* (41 spp.),

Jamesonia (33 spp.) no cuentan con una revisión, otros como *Cyathea* (104 spp., Giraldo com pers.), *Serpocaulon* (24 spp., Sanín com. pers.) y *Dennstaedtia* (18 spp., Chica et al. en prep.) se están revisando actualmente, no obstante, falta gran cantidad de géneros de los cuales solo se tiene un registro aproximado, sin embargo, este trabajo se apoyada con estudios de índole regional (Alfonso & Murillo-A., 2000; Triana & Murillo-A., 2005; Méndez & Murillo-A., 2014; Gutierrez et al., en prep.) que ayudan no solo a definir y caracterizar los taxones sino que permiten conocer cuál es la distribución de las especies.

En cuanto al uso que se les da a los helechos y licófitos es principalmente ornamental o medicinal (Murillo-P., 1983), y dentro de las ornamentales se usan generalmente especies exóticas de *Nephrolepis* Schott y *Platycterium* Desv., pero no se tienen en cuenta el enorme potencial ornamental, que podrían tener especies de los géneros *Asplenium*, *Adiantum*, *Blechnum*, *Cyathea* y *Selaginella*, entre otros, afortunadamente se están cultivando en separadores de avenidas y centros comerciales, especialmente, especies arbóreas de la familia Cyatheaceae.

Agradecimientos

A los herbarios COL, UPTC, TOL, PAMPLONA y sus curadores generales por permitir la revisión de los ejemplares. A Alexander Rojas por sus comentarios al manuscrito.

Referencias

- Alfonso, R. & Murillo-A., J. (2000). "Pteridófitos de Colombia III. Los pteridófitos de la región de Araracuara (Amazonía Colombiana)". *Biota Colombiana*, 1, 217–223.
- Arbeláez, A.L. (1996). La tribu Pteridae (Pteridaceae). Bogotá: *Flora de Colombia*. Vol. 18. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Barrera, E., Acosta, N., & Murillo-P., M.T. (1996a). Helechos y afines del Santuario de Flora y Fauna de Iguaque, Boyacá, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 3, 79–92.
- Barrera, E., Barrera, A. & Murillo-P., M.T. (1996b). Pteridófitas epífitas de la franja subandina del departamento de Cundinamarca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 20, 47–55.
- Bhattarai, K., Vetaas, O.R. & Grytnes, J.A. (2004). Fern species richness along a central Himalayan elevational gradient, Nepal. *Journal of Biogeography*, 31, 389–400.
- Bickford, S.A. & Laffan, S.W. (2006). Multi-extent analysis of the relationship between pteridophyte

- species richness and climate. *Global Ecology and Biogeography*, 15, 588–601.
- Bravo, W. & Diaz, N. (2015). *Estado del conocimiento de los helechos y licófitas en el departamento de Boyacá*. En J. Ramírez (Ed.), Libro de resúmenes VIII Congreso Colombiano de Botánica (p. 163). Manizales: Asociación Colombiana de Botánica.
- Cárdenas, G., Tuomisto, H., & Lehtonen, S. (2016). Newly discovered diversity in the tropical fern genus *Metaxya* based on morphology and molecular phylogenetic analyses. *Kew Bulletin*, 71, 1–27.
- Chacón, J., Camargo de Assis, M., Meerow, A.W. & Renner, S.S. (2012). From East Gondwana to Central America: historical biogeography of the Alstroemeriaceae. *Journal of Biogeography*, 39, 1806–1818.
- Chen, S., Jiang, G., Ouyang, Z., Xu, W. & Xiao, Y. (2011). Relative importance of water, energy, and heterogeneity in determining regional pteridophyte and seed plant richness in China. *Journal of Systematics and Evolutions*, 49, 95–107.
- Ferrer, D. & Vetaas, O.R. (2005). Pteridophyte richness, climate and topography in the Iberian Peninsula: comparing spatial and nonspatial models of richness patterns. *Global Ecology and Biogeography*, 14, 155–165.
- Forero, E. & Gentry, A. (1989). *Lista anotada de las plantas del departamento del Chocó, Colombia*. Bogotá: Biblioteca José Jerónimo Triana, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Forero, D. & Murillo-A., J. (2010). Revisión taxonómica del género *Lellingeria* (Polypodiaceae) para Colombia. *Caldasia*, 32, 311–337.
- Forzza, R., Baumgratz, J., Bicudo, C., Carvalho Jr., A., Costa, et al. (Eds.) (2010). *Catálogo de plantas e fungos do Brasil*. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro
- Giraldo, L.F. & Mejía, P. (2002). *Catálogo ilustrado de los helechos arbóreos de Antioquia*. Medellín: Corporación Autónoma regional del dentro de Antioquia. Fundación Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe.
- Hokche, O., Berry, P. & Huber, O. (Eds.) (2008). *Nuevo catálogo de la flora vascular de Venezuela*. Caracas: Fundación Instituto Botánico de Venezuela Dr. Tobías Lasser.
- Hughes, C. & Eastwood, R. (2006). Island radiation on a continental scale: Exceptional rates of plant diversification after uplift of the Andes. *PNAS*, 103, 10334–10339.
- Jørgensen, M., Michael, P., Nee, H. & Beck, S. (Eds.) (2015). *Catálogo de las Plantas Vasculares de Bolivia*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, 127, 1–1741.
- Jørgensen, P.M. & León-Yáñez, B. (Eds.) (1999). *Catálogo de la flora vascular de Ecuador*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, 75, 1–1182.
- Kessler, M. (2000). Elevational gradients in species richness and endemism of selected plant groups in the central Bolivian Andes. *Plant Ecology*, 149, 181–193.
- Kreft, H., Jetz, W., Mutke, J. & Barthlott, W. (2010). Contrasting environmental and regional effects on global pteridophyte and seed plant diversity. *Ecography*, 33, 408–419.
- Lellinger, D.B. & De La Sota, E. (1972). Collecting ferns in the Chocó, Colombia. *American Fern Journal*, 62, 1–8.
- Lellinger, D.B. (1989). The ferns and fern - allies of Costa Rica, Panamá and the Chocó. Part. 1: Psilotaceae through Dicksoniaceae. *Pteridology*, 2A, 1–364.
- León, A. & Murillo-A., J. (2004). Diversidad y estructura de los pteridófitos de la cuenca media del río Caquetá (Amazonía colombiana). *Acta Biológica Colombiana*, 9, 112–113.
- León, A. & Murillo-P., M.T. (2005). Listado de especies de la subfamilia Dryopteridoideae, tribus Dryopteridae. Rumohreae, Tectarieae (Familia: Dryopteridaceae) para Colombia. *Biota Colombiana*, 6, 87–100.
- León, A. (2012). *Ceradenia* (Polypodiaceae). Bogotá: *Flora de Colombia* N° 19. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- López, P.M., Torres, E.P., Murillo-A., J. & Morales, M.E. (2007). Los helechos y plantas afines de la reserva natural Ranchería, Paipa, Boyacá-Colombia. Tunja: *Colección de investigación UPTC No. 11*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Mehrtreter, K., Palacios, M. (2002). The flora Pteridologica latinoamericana database and its use for assessing Pteridophyte diversity and biogeography. *Fern Gazette*, 16, 398–403.
- Méndez, M. & Murillo-A., J. (2014). *Helechos y licófitos de Santa María (Boyacá, Colombia)*. Bogotá: Serie de Guías de Campo del Instituto de Ciencias Naturales No. 14. Universidad Nacional de Colombia.
- Mickel, J. T. & Smith, A. R. (2004). The pteridophytes of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 88: 1–1054.
- Moran, R.C., & Riba, R. (Eds.) (1995). Psilotaceae a Salviniaceae. En G. Davidse, G., M. Souza, S. Knapp. (Eds.), *Flora Mesoamericana* (pp. 1–470). México: Volumen 1. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Murillo-A., J. (2004). Diversidad y riqueza de pteridófitos en el Chocó biogeográfico. En J. Rangel (Ed.), *Colombia Diversidad Biótica IV. El Chocó biogeográfico/Costa pacífica* (pp. 513–558). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Conservación Internacional Colombia.
- Murillo-A., J. & Murillo-P., M.T. (1999). Pteridófitos de Colombia II. El género *Pityrogramma* (Pteridaceae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 27, 45–51.
- Murillo-A., J. & Murillo-P., M.T. (2003). Pteridófitos de Colombia IV: Novedades en *Cyathea* (Cyatheaceae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 27, 45–51.
- Murillo-A., J., León, A. & Polanía, C. (2002). Efecto del gradiente altitudinal en la distribución de los pteridófitos del Guavio Cundinamarca (Colombia). En O. Rangel, J. Aguirre & G. Andrade (Eds.), *Libro de resúmenes octavo congreso latinoamericano y segundo colombiano de botánica* (pp. 340). Bogotá: Editorial Unibiblos.

- Murillo-A., J., Polanía, C. & León, A. (2008). Los helechos y licófitos de la región del Guavio. *Biota Colombiana*, 9, 63–76.
- Murillo, A., J., Orozco, N. & Rivera, O. (2010). Los helechos y licófitos del caribe colombiano. En O. Rangel (Ed.), *Colombia Diversidad Biótica XII. La Región Caribe de Colombia* (pp. 333–348). Bogotá: Editorial Códice Ltda.
- MURILLO-P., M.T. (1966). Pteridophyta. En L. Mora (Ed.), *Catálogo ilustrado de las plantas de Cundinamarca. Bogotá: Volumen II*, Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- Murillo-P., M.T. (1968). *Blechnum* subgénero *Blechnum* en Suramérica con especial referencia a las especies de Colombia. *Nova Hedwigia*, 16, 329–366.
- Murillo-P., M.T. (1983). *Usos de los helechos en Sur América con especial referencia a Colombia*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Murillo-P., M.T. (1986). Estudio preliminar del género *Schizaea* en Colombia. *Caldasia*, 15, 93–101.
- Murillo-P., M.T. (1988a). *Pteridophyta I. Bogotá: Flora de Colombia Volumen 2*. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Imprenta Nacional.
- Murillo-P., M.T. (1988b). Familia Hymenophyllaceae (Pteridófitos) del parque Nacional Isla de Gorgona. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 16, 53–61.
- Murillo-P., M.T. (1997). Los pteridófitos de la serranía de La Macarena. *Caldasia*, 19, 1–11.
- Murillo-P., M.T. (2000). Helechos. En J. Rangel (Ed.), *Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna* (pp. 528–562). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Murillo-P., M.T. (2001). Acerca del “status” de *Salpichlaena volubilis* J. Smith in Hook. (Blechnaceae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 25, 229–236.
- Murillo-P., M.T. & Lozano, G. (1989). Hacia la realización de una flórua del Parque Nacional Natural Islas de Gorgona y Gorgonilla, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 17, 277–304.
- Murillo-P., M.T. & Harker, M. (1990). *Helechos y plantas afines de Colombia*. Bogotá: Colección Jorge Álvarez Lleras No. 2. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Murillo-P., M.T. & Murillo-A., J. (1999). Pteridófitos de Colombia I. Composición y distribución de las Lycopodiaceae. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23, 19–38.
- Murillo-P., M.T. & Murillo-A., J. (2001). *Guía de pteridofitos (helechos y plantas afines) de Bogotá y sus alrededores*. Bogotá: Impresol Ediciones Ltda.
- Murillo-P., M.T. & Murillo-A., J. (2004). Pteridofitos de Colombia V. El género *Anemia* (Schizaeaceae) en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 28, 471–480.
- Murillo-P., M.T. & Smith, A.R. (2003). *Luisma*, a new genus of Grammitidaceae (Pteridophyta) from Colombia. *Novon*, 13, 313–317.
- Murillo-P., M.T., Murillo-A., J. & León, A. (2015). Pteridófitos (Helechos y afines). En R. Bernal, S.R. Gradstein & M. Celis (Eds.), *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>.
- Murillo-P., M.T., Murillo-A., J. & León, A. (2016). Pteridófitos (Helechos y afines). En R. Bernal, S.R. Gradstein & M. Celis (Eds.), *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia* (pp. 446–578). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Polanía, C., & Murillo-A., J. (2004). Patrones de distribución espacial de Pteridófitos en la Amazonia colombiana. *Acta Biológica Colombiana*, 9, 127–128.
- PPG I. (2016). A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution*, 54, 563–603.
- Ramírez, P. & Macías, P. (2007). *Catálogo de helechos y plantas afines del Departamento del Cauca*. Popayán: Universidad del Cauca.
- Ramírez, P. & Mendoza, C. (2002). Monocotiledóneas y Pteridófitos de La Planada, Colombia. *Biota Colombiana*, 3, 285–295.
- Rincón, A., Rangel-Ch, O. & Aguirre, J. (2014). Musgos, líquenes, helechos y afines de la Orinoquia Colombiana. En: O. Rangel (Ed.), *Colombia Diversidad Biótica XIV. La región de la Orinoquia de Colombia* (pp. 419–446). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, W. (2002). *Helechos, licopodios, selaginelas y equisetos del parque regional Arví*. Medellín: Corporación Autónoma Regional de Antioquia. Editorial Multimpresos Ltda.
- Rodríguez, W. (2011). Pteridófitas. En A. Idárraga-P., R.D.C. Ortiz, R. Callejas & M. Merello (Eds.), *Flora de Antioquia Catálogo de las plantas vasculares* (pp. 134–204) Medellín: Volumen 2, Universidad de Antioquia.
- Sanín, D., Mancera, J.C., Castaño, N., Alzate, N., González, G. & Álvarez, L. (2006). Catálogo preliminar de las plantas vasculares de la reserva forestal protectora “Río Blanco” (Manizales, Caldas, Colombia). *Boletín Científico-Centro de Museos - Museo de Historia Natural*, 10, 19–44.
- Sanín, D., Álvarez, L. & Castaño, N. (2008). Monilófitos y licófitos de la cuenca del río Chinchiná, Caldas, Colombia, Clave para géneros y catálogo de las especies. *Revista Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 32, 331–352.
- Schneider, H., Schuettpelez, E., Pryer, K., Cranfill, R., Magallón, S. & Lupia, R. (2004). Ferns diversified in the shadow of angiosperms. *Nature*, 428, 553–557.
- Toro, J.L. (2009). *Estado del conocimiento de la flora silvestre en la jurisdicción de Corantioquia*. Medellín: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, Corantioquia.
- Triana, L.A. & Murillo-A., J. (2005). *Helechos y plantas afines de Albán (Cundinamarca): El bosque subandino y su diversidad*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia - Instituto Alexander Von Humboldt.
- TRIANA, L.A. (2015a). Catálogo comentado de las

- especies de *Pecluma* (Polypodiaceae) de Colombia. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas*, 19, 17–59.
- Triana, L.A. (2015b) Los helechos y licófitos de Caldas: Diagnóstico e identificación de prioridades de investigación. En J. Ramírez (Ed.), *Libro de resúmenes VIII Congreso Colombiano de Botánica* (p. 173). Manizales: Asociación Colombiana de Botánica.
- Tryon, R.M., & Tryon, A. (1982). *Ferns and allied plants*. New York, NY: Springer-Verlag.
- Zuloaga, F., Morrone, O. & Belgrano, M. (Eds.) (2008). *Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur: (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)*. Saint Louis: Missouri Botanical Garden Press.

El complejo *Jamesonia flexuosa* (Kunth) Christenh. (Pteridaceae) para el Neotrópico

Alexander Francisco Rojas-Alvarado

Universidad Nacional de Costa Rica. Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica, C.A.

Correspondencia

A.F. Rojas-Alvarado

e-mail: alfrojasa@yahoo.com

Recibido: 19 julio 2017

Aceptado: 16 septiembre 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

Los estudios del autor en el género *Jamesonia* Hook. & Grev. para el Neotrópico han resultado en la validación y combinación de tres taxa pertenecientes al grupo de frondas grandes y escandentes con ejes comúnmente flexuosos, considerados principalmente como *Jamesonia flexuosa* (Kunth) Christenh. Las especies aquí reconocidas y combinadas son *Jamesonia refracta* (Kunze ex Klotzsch) A. Rojas, *J. retrofracta* (Grev. & Hook.) A. Rojas y *J. galeana* (A.F. Tryon) A. Rojas. Adicionalmente se ofrece una clave para el grupo en el neotrópico.

Palabras clave: *Eriosorus*, helechos, *Jamesonia*, estatus nuevo, nuevas combinaciones, Pteridophyta.

Abstract

The Jamesonia flexuosa (Kunth) Christenh. complex (Pteridaceae) from the neotropics

The studies of the author in the genus *Jamesonia* Hook. & Grev. from the neotropics have resulted in the validation and combination of three taxa belonging to the group with long scandent fronds and often flexuous axes, commonly called *Jamesonia flexuosa* (Kunth) Christenh. The species here recognized and/or combined are *Jamesonia refracta* (Kunze ex Klotzsch) A. Rojas, *J. retrofracta* (Grev. & Hook.) A. Rojas and *J. galeana* (A.F. Tryon) A. Rojas. Additionally a key is offered from the group in the Neotropics.

Key words: *Eriosorus*, ferns, *Jamesonia*, new combinations, new status, Pteridophyta.

Introducción

Moran (2009) menciona como características importantes de *Eriosorus* Fée a un rizoma corto a largamente rastrero, cubierto densamente por tricomas o cerdas oscuras, pinnas pelosas en una o ambas superficies y esporangios difundiéndose a lo largo de las nervaduras.

Moran (1995) indica que *Eriosorus* está estrechamente relacionado con *Anogramma* Link, *Jamesonia* Hook. et Grev. y *Pityrogramma* Link. Más recientemente (Sánchez 2004) demuestra que *Jamesonia* evolucionó en distintas ocasiones

a partir de *Eriosorus*, pero al unirlos el nombre a utilizar debería ser *Jamesonia*.

Christenhusz, Zhang & Schneider (2011) con base en estudios moleculares previos, combinan todas las especies de *Eriosorus* en *Jamesonia* para hacer de ambos un origen monofilético y porque *Jamesonia* es un nombre previo a *Eriosorus*.

Tryon (1970) considera en *Eriosorus flexuosus* Copel. (ahora *Jamesonia flexuosa* (Kunth) Christenh.) series de seis variantes con énfasis en los tipos de variación y mencionando que es posible que incluya híbridos o elementos poliploides, los cuales son fácilmente distinguibles por frondas

densamente pubescentes o glandulares con lóbulos poco profundos y segmentos cuneados. Tryon (1970) también indica que las series 2 a 6 representan porciones fragmentarias de frondas grandes, por lo que aquí se considera que en el momento no existieron elementos completos para analizar intensamente las variantes, de las cuales se deriva la combinación de tres especies. Finalmente, Christenh. et al. (2011) no consideran a la var. *galeanus* A.F. Tryon en sus combinaciones, pero aquí es elevada a estatus de especie.

Materiales y métodos

Las nuevas especies son el resultado de estudios en la flora pteridofita de Costa Rica, con la comparación de especímenes con las especies registradas de Costa Rica, Panamá, Colombia y después de la revisión de especies relacionadas y claves de los Neotrópicos como: Gómez & Arbeláez (2009), Moran & Riba (1995), Murillo et al. (2008), Mickel & Smith (2004), Smith (1995) y Tryon & Stolze (1989). Los especímenes citados están depositados en los herbarios: herbario de la Universidad de San Carlos (AGUAT), Herbario Nacional de Colombia (COL), herbario del Instituto Politécnico Nacional en México (ENCB), herbario de la Facultad de Ciencias de la UNAM (FCME), herbario Universidad de Antioquia (HUA), herbario del Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe (JAUM), Herbario Medellín, Universidad Nacional de Colombia (MEDEL), herbario Nacional de México (MEXU), Missouri Botanical Garden (MO), Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad (QCNE) y United States National Herbarium (US). Las nuevas especies y estatus se determinaron con base en el análisis de los especímenes tipo depositados en los siguientes herbarios: B, BM, GH, K, MO, NY, P, UC and US (acrónimos siguiendo Thiers 2016), vistos a través de la página JSTOR (<http://plants.jstor.org/>).

Resultados

Especie base

Jamesonia flexuosa (Kunth) Christenh., Phytotaxa 19: 21. 2011.

Basionimo: *Grammitis flexuosa* Kunth, Nov. Gen. Sp. (quarto ed.) 1: 5. 1815[1816]. Tipo: Venezuela, Distrito Federal, near Caracas, *Humboldt & Bonpland s.n.* (holotipo: B! (foto GH); isotipo: P! (foto GH, US!))

Gymnogramma flexuosa var. *linearis* H. Christ,

Bull. Herb. Boissier, sér. 2, 4(11): 1096. 1904. Sintipos: Costa Rica, Las Vueltas, Tucurrique, A. *Tonduz 12796* (P!); Perú, San Govan, *Lechler 2247* (?); Ecuador, *Lehmann 5714* (?).

Gymnogramma flexuosa var. *peruviana* Hieron., Hedwigia 48: 220. 1909. T: Perú, Cuesta de Lejía, prop. Molinobamba, *Stübel 1055* (B!, foto: GH, US!).

Gymnogramma haematodes Christ, Bull. Herb. Boissier II, 4. 1096. 1904. Sintipo: Costa Rica, Alajuela, summit of Volcán Poás, 2644 m, *Tonduz 10713* (Holotipo: P! (foto US!); isotipo: US!). Sintipo: Costa Rica, Werckle, #s.n. (P!).

Psilogramme villosula Maxon, Bull. Torrey Bot. Club 42: 83. 1915. Tipo: Costa Rica, San José, Cerro de las Vueltas, 3000 m, *H. Pittier 10502* (holotipo: US! # herb. US00142141; isotipos: CR, P!, US # herb. US01100813).

Descripción. Rizoma compacta corto-reptante, 2–4 mm de diámetro, frondas próximas entre sí, escamosas o setosas, las escamas 3–5 mm de largo, atropurpúreas, rígidas y con 2–3(–4) células de ancho en la base, piliformes y cateniformes en el ápice; frondas 0,5–1,5 m de largo, escandentes; estípite atropurpúreo a negruzco, lustroso, glabro, o dispersa a medianamente peloso, los tricomas 1–3 mm de largo, hialinos a amarillentos, planos a cateniformes, curvados; lámina 40–80 m × 10–30 cm, 4-5-pinnada; raquis y costas pajizas a pardo oscuro, algunas veces evidentemente flexuosos; segmentos terminales 1–2 mm de ancho, terminando emarginados; superficie abaxial de la lámina pelosa, los tricomas 1–2 mm de largo, hialinos a pardo pálido, cateniformes, algunas veces terminando en un ápice glandular, principalmente sobre las venas, raramente o dispersos sobre el tejido laminar superficie adaxial de la lámina homogéneamente pelosa y distribuidos sobre esta; venas libres terminando agudas.

Comentarios. Esta especie se caracteriza por rizoma peloso, tejido laminar con haz peloso y envés con tricomas a lo largo de las venas y cóstulas (fig.1). Aunque en este trabajo han sido segregados tres taxa, aún esta especie presenta algunas variantes que podrían ameritar algún estatus taxonómico. Una de las variantes es lo que se considerado como *Eriosorus villosulus* (Maxon) Scamman de la Cordillera de Talamanca en Costa Rica, la cual se caracteriza por ejes mediana a densamente pelosos, frondas bastante rígidas incluso a veces erectas y ejes marcadamente flexuosos. Otra variante también de costa Rica es de tamaño bastante pequeño, con frondas de 25-50 cm de largo y lámina de menos de 15 cm

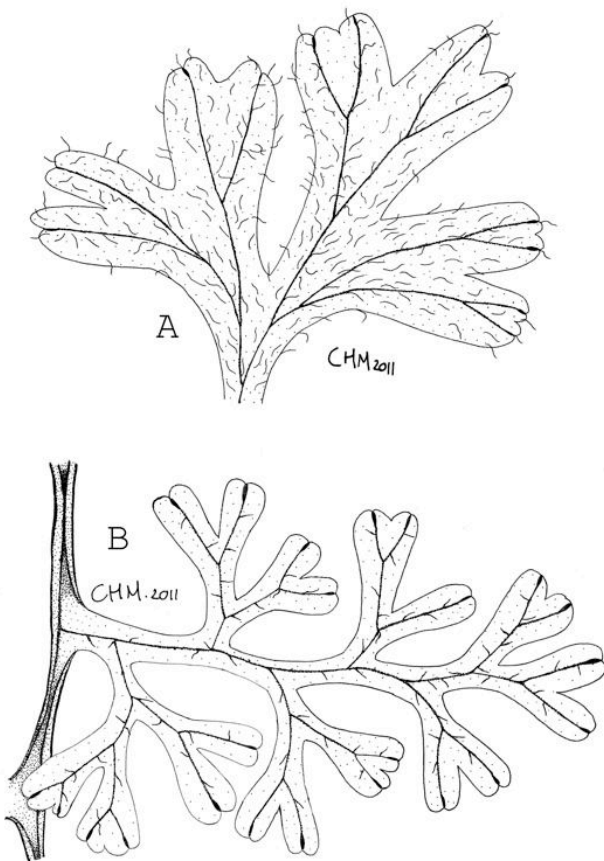


Figura 1. *Jamesonia flexuosa* (A. Rojas & M. Coto 3359, CR). **A.** Superficie adaxial de la lámina. **B.** Superficie abaxial de la lámina. **Figure 1.** *Jamesonia flexuosa* (A. Rojas & M. Coto 3359, CR). **A.** Adaxial blade surface. **B.** Abaxial blade surface.

de ancho. Finalmente, otra variante se encuentra en la Cordillera de Los Andes y se caracteriza por ejes muy oscuros y segmentos muy delgados y marcadamente pedunculados, muchas veces péndulos.

Especies combinadas y estatus nuevos

Jamesonia refracta (Kunze ex Klotzsch) A. Rojas, **comb. nov.** (fig. 2)

Basionimo: *Gymnogramma refracta* Kunze ex Klotzsch, *Linnaea* 20: 410. 1847. Tipo: Venezuela, Sierra Nevada, *Moritz 359* (Holotipo: B!, (foto US!); Isotipos: B, BM! (foto US!), P! (frag. F!, GH!, UC!, US!, foto US!)).

Comentarios. Esta especie difiere de *Jamesonia flexuosa* por rizoma más grueso (4–10 mm de diámetro vs. 2–4 mm) y medianamente reptante con frondas distantes 7–17 mm (vs. ascendente a corto reptante con frondas 1–3 mm distantes), con escamas de 5–8 células (vs.

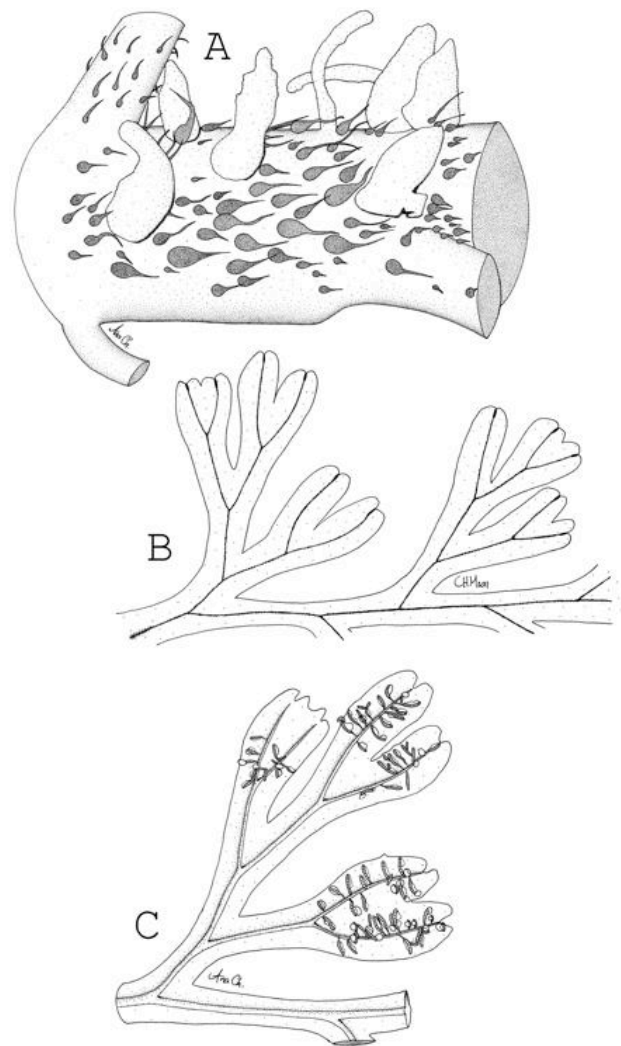


Figura 2. *Jamesonia refracta* (Cuatrecasas 21604, COL). **A.** Detalle del rizoma. **B.** Superficie adaxial de la lámina. **C.** Superficie abaxial de la lámina. **Figure 2.** *Jamesonia refracta* (Cuatrecasas 21604, COL). **A.** Rhizome detail. **B.** Adaxial blade surface. **C.** Abaxial blade surface.

2–3(–4) células) de ancho en la base y dispersas (vs. densas) y adpresas (vs. inclinadas), frondas más desarrolladas (2–4 m de largo vs. 0,5–1,5 m), estípites más robustos (ca. 3 mm de diámetro vs. 1–2 mm), costas marcadamente flexuosas (vs. rectas a levemente flexuosas), y pinnulas retroflexas (vs. perpendiculares a levemente retroflexas), tejido laminar glabro con pelos solo en los soros (vs. tejido laminar peloso sobre los soros, las venas y a veces sobre el tejido laminar) (fig. 2).

Distribución. En bosques montanos de Guatemala, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y Brasil a (1130–) 1700–

3250 m.

Material revisado.

GUATEMALA. **Baja Verapaz**: El Progreso, Chilasco San Agustín Acasaguastlán, Sierra de Las Minas, microcuenca del río Naranjo, laderas del Pinalón, 1900–2800 m, abr 1997, *J. Vargas 679* (AGUAT, MEXU).

COSTA RICA. **Alajuela**: about 1 km from lip of the crater and 19 km W of Vara Blanca on Volcán Poás, about 2700 m, 21 ene 1968, *R. Wilbur & D. Stone 9841* (US).

PANAMÁ. **Darién**: Elfin Forest, at top of W peak of Cerro Tacarcuna Massif, 1800–1850 m, 28 ene 1975, *A. Gentry & S. Mori 13973* (COL, US); summit of Pico Tacarcuna, highest point of the Serranía del Darién, 1850 m, 22 jul 1976, *A. Gentry et al. 16910* (COL, MO).

COLOMBIA. *E. Killip 6778* (US). **Antioquia**: Municipio Briceño, Vereda San Fermín, 2 km después de la troncal de La Paz sobre desviación a Briceño, 2100–2300 m, 10 nov 1987, *A. Arbeláez et al. 229* (HUA); Medellín, jun 1933, *H. Daniel 287* (US); Laguna de Guarne, 27 sep 1935, *H. Daniel 667* (COL, US); cumbre cerca de Boqueroncito, camino entre Medellín y Palmitas, 2800 m, 30 oct 1947, *F. Barkley et al. 27* (COL); Municipio Medellín, Corregimiento Santa Elena, Reserva Natural Montevivo, sector Casapalo, 6°12'48"N, 75°29'32,2"W, 2500 m, 26 feb 2003, *H. David y J. Idarraga 492* (HUA); Municipio de Caldas, Vereda La Corrala, Finca "La Zarza", 2440 m, 31 mayo 1984, *L. de Escobar et al. 4515* (HUA); Municipio de Belmira, finca El Páramo, 6°35'N, 75°32'W, 3000–3130 m, 21 abr 1993, *R. Fonnegra y D. Tuberquia 4584* (HUA); 8 km N of Yarumal, 2600 m, 19 ago 1976, *A. Gentry et al. 17917* (COL); Municipio de Urrao, Páramo de Frontino, El Río, 3040 m, 8 ene 1984, *R. Londoño et al. 126* (HUA); Municipio Belmira, corregimiento Labores, 2650 m, 13 jul 1983, *A. Pérez 129* (HUA); Municipio Copacabana, Vereda Carrisal, sector Alto de Asturias, 6°18'20,2"N, 75°30'54,6"W, 2420 m, 27 oct 2000, *W. Rodríguez 3148* (COL, JAUM); Coregimiento Santa Elena, Vereda Mazo, sector el Chontal, límites con el Monte de los Vásquez, 6°15'17,8"N, 75°30'49,2"W, 2440 m, 18 ene 2001, *W. Rodríguez et al. 3243* (HUA, JAUM); Municipio Belmira, Vereda El Golfo, Quebrada El Mogote, 6°36'39,2"N, 75°39'58,1"W, 2675 m, 17 jun 2002, *W. Rodríguez et al. 3390* (COL, JAUM); Municipio Belmira, Vereda la Amoladora, sector Montefrío, límites con los municipios de San Pedro de Los Milagros y San Jerónimo, 6°30'16,8"N, 75°39'16,3"W, 2920 m, 10 oct 2002, *W. Rodríguez et al. 3702* (COL). **Bolívar**: Antizales, 1700–2000 m, 25–26 feb 1918, *F. Pennell 4457* (US). **Boyacá**: Municipio Gambita, Vereda La Araña, km 62, orilla de la carretera, 6 mar 1981, *C. Arguello & M. Páez 44* (COL); carretera Sogamoso-Pajarito, 2000 m, 4 feb 1959, *H. Bischler 1777* (COL); Municipio Arcabuco, Vereda Desaguadero, carretera Arcabuco-Miniquirá, camino herradura, lado izquierdo carretera hacia La Cumbre, 2440 m, 29 jul 1983, *F. Mejía 157* (COL, ENCB). **Caldas**: Nevado del Ruíz, Los Chorros, cerca de la estación termal, 3000 m, 5 ago 1958, *H. Bischler 1465* (COL); Nevado del Ruíz, Hotel Termal, 3460 m, 19 mar 1972, *A. Cleef & H. Hart 2478* (COL). **Cauca**:

Cordillera central, Canaan, Mountain Purace, 2800–3100 m, 11–16 jun 1922, *E. Killip 6778* (US); Municipio Inzá, Vereda Río Sucio, Jardín Botánico Las Delicias, km 62, 2700–2800 m, 17 sep 2003, *E. Muñoz et al. 1722* (COL). **Chocó**: Municipio San José del Palmar, Cerro del Torrá, vertiente oriental, desde el helipuerto hacia arriba, ca. 1920–1950 m, 8 ago 1988, *P. Silverstone et al. 4168* (US). **Cundinamarca**: cerca de Sibaté, La Aguadita, 2400 m, 16 mar 1982, *J. Frnández s. n.* (ENCB); km 14.1 de la carretera Fómeque a Chingaza, 2770 m, 27 abr 1974, *C. Acosta 350* (COL); Fusagasugá, 1934, *B. Guevara F-9a* (US); ridge above upper San Antonio, Río San Martín Valley, 15 km SE of Gutiérrez, 60 km S of Bogotá, 2700 m, 3 ago 1944, *M. Grant 9835* (COL, US); carretera Bogotá-Fusagasugá, San Miguel, 2400 m, 27 ago 1967, *W. Hagemann 195* (COL); Los Gaques, W slope of Páramo de Guasca, 3250 m, 12 mar 1939, *E. Killip 34101* (US); Municipio Junín, Vereda La Aldea, 2300 m, 14 ene 1967, *M. Murillo 950* (COL); Municipio Gacheta, carretera Guasca-Sueva-Gacheta, 1700 m, 23 mayo 1986, *M. Murillo & M. Harker 2026* (COL); 8 km E of Fomeque, 2500 m, 10 mar 1985, *J. Wood 4742* (COL). **Huila**: along mule trail from Garzón SE, about 15 km to Finca Estrella, 6400 ft [1950 m], 31 ene 1945, *E. Little 9332* (COL, US); Municipio La Argentina, arriba de la Finca "Palmira", 2100 m, 26 sep 1984, *G. Lozano et al. 4173* (COL). **Meta**: Municipio El Calvario, Cordillera Oriental, San Francisco, Vereda San Isidro, inspección de policía, 2300 m, 7 mar 1981, *L. Camargo & G. Huertas 7676* (COL); Macizo de Sumapáz, vertiente oriental de la cordillera, Quebrada El Buque, 3100 m, 9 jul 1981, *S. Díaz 2691* (COL); Municipio Acacias, Cordillera Oriental, Colonia Penal y Agrícola de Oriente, Cuchilla de La Meseta, 1130 m, 9 ago 1981, *R. Jaramillo et al. 7560* (COL), ibidem, arriba del Campamento La Argentina, 2100 m, 11 ago 1981, número herb. 281027, *R. Jaramillo 7560* (COL), ibidem, cima del Filo de La Argentina, 2450 m, 12 ago 1981, *R. Jaramillo 7661* (COL, HUA). **Putumayo**: Valle de Sibundoy, 2 km N Sibundoy, 2430 m, 4 ene 1963, *M. Bristol 454* (COL, US). **Santa Marta**: 1898–1899, *H. Smith 2214* (US). **Santander**: Municipio Charalá, Corregimiento Virolín, camino de quebrada desde la carretera Virolín-Duitama a la Chorrera en la Cuchilla "El Venado", 1950 m, 17 oct 1985, *G. Castro & A. Rodríguez 1025* (COL); Municipio Virolín, ca. 1800 m, 6–12 mayo 1986, *A. Fernández et al. 6220* (COL); Municipio Charalá, Corregimiento Virolín, carretera principal, 19 nov 1983, *D. Sanabria 78* (COL). **Valle**: Cordillera Occidental, vertiente Oriental, hoya del Río Cali, vertiente izquierda del Río Pichindé, 2250–2260 m, 22 jul 1946, *J. Cuatrecasas 21604* (US).

ECUADOR. **Carchi**: Espejo, Parroquia Guatal, Mirador de Las Golondrinas (Fundación Golondrinas), trail from El Corazón towards La Cortadera (2 km NE del refugio), 0°49'46"N, 78°07'03"W, 2000–2500 m, 6 jul 2003, *J. Clark & E. Folleco 8478* (US); Espejo, El Goaltal, cerro Golondrinas Hembra, 0°51'N, 78°08'W, 2600–2800 m, 20 ago 1994, *W. Palacios & J. Clark 12448* (MEXU, MO, QCNE).

PERÚ. **Cajamarca**: Provincia Cutervo, 10 km NW of Socota, in ceja de la montaña, 3200 m, 10 dic 1938, *H. Stork & O. Horton 10132* (US).

VENEZUELA. **Amazonas:** Cerro Sipapo (Paráque), lower Caño Negro, 1400 m, 11 ene 1949, *B. Maguire & L. Politi 28089* (US); Departamento de Río Negro, Cerro de La Neblina, Camp II, 2.5–3.5 km NE, Pico Phelps (Cerro de La Neblina), N into Canyon Grande, 0°50'00–12"N, 65°58'48"W, 2085–2100 m, 16 feb 1984, *V. Funk & R. Foster 6290* (US); Río Yatua, 1700 m, 27 dic 1953, *B. Maguire et al. 36 942* (COL). **Mérida:** Departamento Campo Elías, Lalo Compedero, arriba de la Piedra de Pirela, páramo de Pozo Negro, sector del gran páramo de San José, 3170 m, 18 dic 1971, *L. Ruiz & S. López 6563* (US).

BRASIL. Río Negro, Río Cauaburí, Sera da Neblina, 8000 ft [2440 m], 3 Dec 1965, *B. Maguire et al. 60505* (MEXU, NY).

Jamesonia retrofracta (Grev. & Hook.) A. Rojas, **com. nov.** (fig. 3)

Basiónimo: *Cryptogramma retrofracta* Grev. & Hook., Botanical Miscellany 3: 385, t. 112. 1833. Tipo: Ecuador, "Azuay", "Cuenca", near the village of Molleturo, 8000 ft [2440 m], *W. Jameson s.n.* (E, no visto (foto GH, US!)).

Gymnogramma ruiziana Klotzsch, Linnaea 20: 410. 1847. Tipo: Perú, Prov. Panatahuarum, *Ruiz 74* (B! (foto GH, US!)).

Comentarios. Difiere de *Eriosorus flexuosus* por rizoma corto reptante (vs. compacto y erecto a decumbente) de 4–8 mm (vs. 2–4 mm) de diámetro, con escamas de (4–) 5–10 células (vs. 2–3(–4) células) de ancho en la base, costas negruzcas (vs. pajizas a pardas) y marcadamente flexuosas (vs. rectas a levemente flexuosas), y pínulas retroflexas (vs. perpendiculares a levemente retroflexas). Difiere de *E. refractus* por escamas del rizoma densas (vs. dispersas) y lanceoladas (vs. ovadas con un ápice largamente acuminado), frondas más pequeñas (0,5–1,5 m de largo vs. 2–3 m), ejes atropurpúreos a negros (vs. pardos) y escasa a medianamente pelosos (vs. glabros), tricomas sobre las venas y en los soros (vs. sólo en los soros) (fig. 3).

Distribución. En bosques montanos de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Venezuela a 1700–3400 (–3600) m.

Material revisado.

COLOMBIA. Aguadita, 26 mayo 1934, *V. Guevara 38* (US); 1760–1808, *J. Mutis 3092* (US); Parque Natural Nacional Cordillera de Los Picachos, 3000 m, 25 ene 1999, *A. García & A. Ayala 184* (COL). **Antioquia:** Municipio Guatapé, Vereda Santa Rita, ca. 1850 m, 15 nov 1984, *L. Atehortúa 1151* (HUA); Municipio Frontino, road to Murrí, 15 km W of Nutibara (Altos de Cuevas), 1 km S of road, 6°45'N, 76°23'W, 1850 m, 17 oct 1987, *A. Brant & G. Martínez 1365* (COL, MO); Municipio Guatapé, Vereda Santa Rita, vía Guatapé-La Almanera

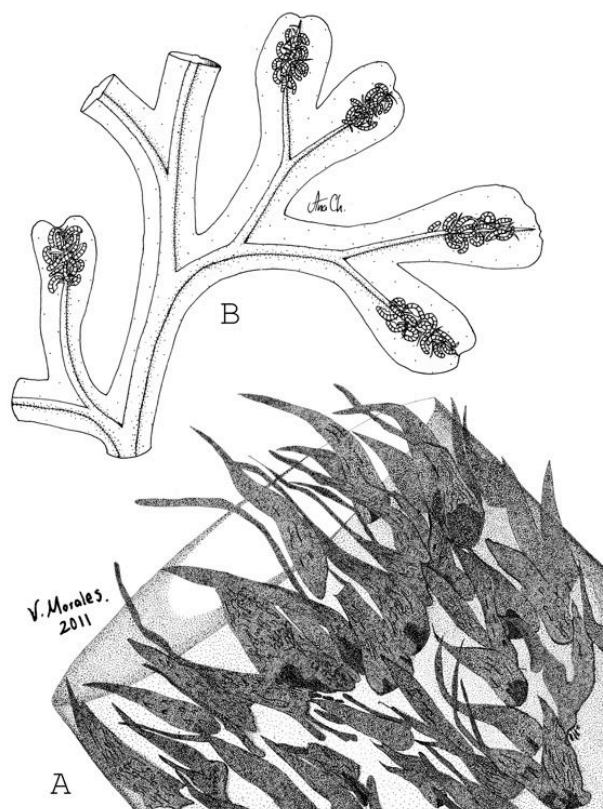


Figura 3. *Jamesonia retrofracta* (P. Grubb & D. Guymer 100, COL). A. Detalle del rizoma. B. Superficie abaxial de la lámina. **Figure 3.** *Jamesonia retrofracta* (P. Grubb & D. Guymer 100, COL). A. Rhizome detail. B. Abaxial blade surface.

(Empresas públicas de Medellín), 6°17'N, 75°08'W, 1850 m, 19 dic 1988, *R. Callejas 7183* (HUA); Municipio Guatapé, Vereda Santa Rita, finca Montepinar, 6°15'N, 75°10'W, ca. 1850 m, 20 mar 1990, *N. Contreras & D. Echeverri 255* (HUA); ibidem, 5 jun 1990, *N. Contreras & D. Echeverri 860* (HUA), ibidem, 17 abr 1990, *D. Echeverri & N. Contreras 273* (HUA); ibidem, 5 jun 1990, *D. Echeverri & N. Contreras 334* (HUA); El Santuario, may 1934, *H. Daniel 15* (US); El Santuario, dic 1934, *H. Daniel 543* (COL, US); Cerro de La Vieja, 26 dic 1938, *H. Daniel 1726* (US); Ventanas, carretera a Puerto Valdivia, 1900 m, 2 feb 1943, *H. Daniel 3400* (US); Municipio Guatapé, borde con Municipio San Rafael, finca Montepinar, 1 oct 1982, *L. Escobar & J. Folsom 2373* (HUA); Cordillera Central, Alto Capito, above camino Sonsón-Abejorral, ca. 2800 m, 26–28 mayo 1944, *J. Ewan 15763* (US); S of Amalfé, 2000 m, 22 sep 1984, *F. Lehmann 43* (US); Amalfé, 2000 m, oct 1884, *F. Lehmann 379* (US); Cerro del Padre Amaya, Boquerón, 3000 m, 4 ago 1979, *M. Palacio et al. 78* (HUA); Municipio Belmira, Vereda la Amoladora, sector Montefrío, límites con los municipios de San Pedro de Los Milagros y San Jerónimo, 6°30'16,8"N, 75°39'16,3"W, 2920 m, 10 oct 2002, *W. Rodríguez et al. 3702* (HUA); Municipio Barbosa, Vereda Quintero, aldeaño a la escuela Vereda Quintero, 6°26'39,5"N, 75°19'20,1"W, 2520 m, 24 mayo

2000, *C. Velásquez* et al. 1744 (HUA); Municipio La Unión, km 33 of road Sonsón-La Unión (23 km from La Unión), 5°52'N, 75°08'W, 2330 m, 8 dic 1986, *J. Zarucchi & N. Bedoya* 4518 (HUA, MO); Municipio Medellín, Cerro del Padre Amaya, 11 km from Medellín-Santa Fé de Antioquia, hwy. On road to Summit, 6°16'N, 75°41'W, 3020 m, 18 mar 1987, *J. Zarucchi & B. Madrigal* 4846 (HUA, MO). **Antioquia-Chocó**: at and on both sides of the principal ridge W of La Mansa, at ca. km 105.5 of the Ciudad Bolívar-Quibdó road, 2100–2200 m, 4 abr 1971, *D. Lellinger & E. de la Sota* 961 (US). **Boyacá**: Sierra Nevada del Cocuy, near Laguna Seca, ca. 2650 m, 26 ago 1957, *P. Grubb & D. Guimer* 100 (COL, US). **Caldas**: carretera entre Manzales y el Hotel Termales del Ruiz, 3000–3500 m, 8 jun 1966, *E. Forero* et al. 543 (COL). **Caquetá**: Cordillera Oriental, Caquetá side of Huila-Caquetá divide, 20 km SE of Garzón, 8200 ft [2500 m], 5 feb 1945, *E. Little* 9368 (US). **Cauca**: Cordillera Occidental Mount El Derrumbo, paramillo, 2700–3000 m, 29 jun 1922, *F. Pennell* 7508 (US); Municipio Almaguer, Vereda Buena Vista, entre Quebrada Chusulongo y la escuela, 2220–2650 m, 7 jun 2003, *B. Ramírez* et al. 17 007 (COL); Municipio Inza, Vereda Río Sucio-Los Alpes, 2°27'24,3"N, 76°10'31,7"W, 2965 m, 21 nov 1998, *O. Rivera* et al. 876 (COL). **Chocó**: Cerro Torrá, vertiente NE, ca. pista de aterrizaje helicópteros, 1940 m, 5 ago 1982, *P. Silverstone* 1234 (COL). **Cundinamarca**: km 51–52 de la carretera Guasca a Gachetá, 3130 m, 22 ene 1974, *C. Acosta* et al. 94 (COL); Municipio Silvanía, km 34 de la carretera a Fusagasugá, 2590 m, 19 mar 1974, *C. Acosta* 167 (COL); Municipio Sibaté, Vereda San Miguel, 2800 m, feb 1998, *S. Cortés* 1004 (COL); Cordillera Oriental, extremo SE de la Sabana de Bogotá, San Miguel, 2800–3000 m, 10 sep 1941, *J. Cuatrecasas & R. Jaramillo* 12 037 (COL, US); Municipio Subachoque, El Tablazo, 3400 m, 23 jun 1998, *H. Dueñas* et al. 2997 (COL); between Sibaté and Fusagasugá, 35 km SW of Bogotá, 2750 m, 30 abr 1944, *M. Grant* et al. 9119 (COL, US); San Miguel, near Sibaté, 2950 m, 7 jun 1948, *J. Haukes & H. García* 30 (COL, US); Fusagasugá, 1934, *B. Guevara* F-9 (US); San Miguel, extremo SW de la sabana de Bogotá, 2800 m, 21 sep 1967, *R. Jaramillo* et al. 3428 (COL); Paso San Miguel, WSW Bogotá, Quebrada de La Victoria, 2800 m, 9 mar 1967, *K. Mägdefrau* 1343 (COL); Sibaté, San Miguel, 2700 m, 19 oct 1961, *M. Murillo* 427 (COL); entre San Miguel y Fusagasugá, hacia el borde de la carretera, 5 feb 1962, *M. Murillo* 545 (COL); abajo del Santo de Tequendama, montes de Santandercito, junto a la Laguna de Catarnica o Lagunaseca, 2050 m, 15 feb 1964, *L. Uribe* 4667 (COL). **Huila**: Comisaría del Caquetá, Cordillera oriental sobre el filo divisorio, en Gabinete, 2300–2450 m, 21 mar 1940, *J. Cuatrecasas* 8434 (COL, US); Cordillera Oriental, Caquetá, side of Huila-Caquetá divide, 20 km SE of Garzón, 8200 ft [2500 m], 5 feb 1945, *E. Little* 9368 (COL); Municipio San José de Isnos, Parque Natural Nacional de Puracé, Vereda El Marmol, 2800 m, 24 jul 1980, *G. Lozano* 3414 (COL); Cordillera Oriental E of Neiva, 1800–2100 m, 1–8 ago 1917, *H. Rusby & F. Pennell* 679 (US), ídem, *H. Rusby & F. Pennell* 881 (US). **Magdalena**: Cerro Quemado, 2600 m, 1932, *J. Giacometto* 43 (US). **Putumayo**: Municipio Colón, Reserva Natural “La Rejoja”, 2750 m, 12 mar 1999,

D. Stancik 2827 (COL). **Santander**: E of Bucaramanga, 2400 m, 18 dic 1948, *J. Araque & F. Barkley* 18 350 (COL, US); vicinity of Las Vegas, 2600–3000 m, 21–23 dic 1926, *E. Killip & A. Smith* 15928 (US); W slope of Páramo Rico, 3000–3600 m, 15–19 ene 1927, *E. Killip & A. Smith* 17222 (US). **Norte de Santander**: Municipio Piedecuesta, Vereda Cristales, trocha que conduce al NE de la estación, 3210 m, 5 nov 1997, *G. Bustos* et al. 142 (COL); Cordillera Oriental, región del Sararé, Hoya del Río Cubugón, El Indio, 420–480 m, 13–17 nov 1941, *J. Cuatrecasas* 13089 (COL); Páramo del Hatico, in route from Toledo to Pamplona, ca. 2900 m, 12–13 mar 1927, *E. Killip & A. Smith* 20628 (US); Municipio de Herran, Parque Natural Nacional Tama, Sector Orocué, hacia el Alto del Pesebre, 2650–3020 m, 2 abr 1987, *G. Lozano* et al. 5507 (COL). **Valle**: Cordillera Occidental, La Cumbre, Bushy Summit of W peak, 2100–2400 m, 11 sep 1922, *E. Killip* 11368 (US).

ECUADOR. Saloya, 4 sep 1918, *A. Mille* 46 (US).

Azuay: E Cordillera, 1–8 km N of the village of Sevilla de Oro, 8000–9000 ft [2440–2745 m], 27 jul–12 ago 1943, *W. Camp* 4617 (US); E Cordillera, 4–6 km N of the village of Sevilla de Oro, 9000–10000 ft [2745–3050 m], 16 ago 1945, *W. Camp* 4770 (US); slopes bordering Río Collay, on slopes called Huagrarrancha, S of El Pan, 2650–3290 m, 6 jul 1943, *J. Steyermark* 53336a (US). **Loja**: near summit of road over Loma del Oro, 7–8 mi S of Zaraguro, 10400 ft [3170 m], 3 oct 1944, *I. Wiggins* 10860 (US); summit of road over Loma del Oro, 10500 ft [3200 m], 10 oct 1944, *I. Wiggins* 11003 (US). **Zamora-Chinchipe**: Palanda, Parroquia Valladolid, S slopes of the Cordillera de Sabanilla (headwaters of Río Chinchipe), Tapichalaca Reserve (Fundación Jocotoco), trail from hwy. to páramo, 4°28'32"S, 79°09'48"W, 2800–3400 m, 29 mayo 2003, *J. Clark & V. Mendoza* 8136 (US).

PERÚ. *C. Bües* 1582 (US); *C. Bües* 1906 (US); camino del Cerro Amparaes, alburas de Chaco, 3000–3350 m, ago 1928, *C. Bües* 2146 (US), between Huanuco and Pompayacu, E side of the Andes, 13 ene 1927, *R. Kanehira* 157 (US); Carabaya, Amerique Meridionale, jun-jul 1847, *M. Weddell* s.n. (US).

BOLIVIA. In Berguard übër Tablas, ca. 2600 m, mayo 1911, *T. Herzog* 2170 (US).

VENEZUELA. **Amazonas**: Cerro de La Neblina, Río Yatua, slopes E of Camp III, 1700 m, 27 dic 1953, *B. Magire* et al. 36942 (US); Cerro Sipapo (Paráque), S basin, 6500 ft [1980 m], 26–28 ene 1949, *B. Maguire & L. Politi* 28651 (COL, US); Cerro de la Neblina, Camp II, Neblina Massif, 2.8 km NE of Pico Phelps, 0°49'40"N, 65°59'W, 15 abr 1984, *B. Stein & A. Gentry* 1536 (MO, US). **Bolívar**: between N peak and central plateau, 2000–2200 m, 15 mar 1952, *B. Maguire* 33409 (US); Cerro Roraima, cumbre parte NE de Venezuela, al sur del hito de los límites con Guyana, Brasil y Venezuela, 5°12'N, 60°42'W, 2750–2800 m, 26 ago–2 sep 1976, *J. Steyermark* et al. 112446 (US). **Lara-Trujillo**: Páramo de Los Nèpes, ridge above La Peña, ca. 2700 m, 24–25 dic 1959, *H. Barkley & P. Juajibioy* 10285 (COL). **Mérida**: Departamento de Miranda, La Cueva-Miraflores, en el camino de Palmira al páramo homónimo, 2800–3000 m, 30 mayo 1975, *L. Ruiz & J. Dugarte* 12522 (US); road to páramo “Los Monsalves”, 3000 m, 10 jun 1952, *V.*

Vareschi & Pannier 1831d (US). **Táchira**: trail leading to summit Páramo de Tamá, 2500–3200 m, 29 ene 1978, *J. Luteyn* et al. 5306 (US); base of Páramo de Tamá, 4–10 km above Betania, 2500–2895 m, 15 jul 1944, *J. Steyermark 57314* (US); Departamento Junín, entre El Mirador y alrededores de La Cueva del descanso, vertiente occidental del Páramo de Tamá, cerca de la frontera con Colombia, 2850–3100 m, 29 ene 1978, *L. Ruiz* et al. 15128 (US).

Jamesonia galeana (A.F. Tryon) A. Rojas, **stat. & comb. nov.**

Basionimo: *Eriosorus flexuosus* var. *galeanus* A.F. Tryon, Contr. Gray Herb. 200: 164, f. 33B, 34B. 1970. Tipo: México, Guerrero, Puerto Gallo, del Cerro Teotepec, *J. Rzedowski 18594* (Holotipo: GH!; Isotipo: NY!)

Comentarios. Difiere de *Jamesonia flexuosa* por su rizoma con escamas aplanadas y lanceoladas (vs. con escamas gruesas en la base y con parte media y ápice piliforme), las escamas pardo pálido a pardo-doradas (vs. pardo oscuro a atropurpúreas), frondas erectas (vs. escandentes), raquis recto o ligeramente flexuoso (vs. flexuoso) y lámina delicadamente herbácea (vs. papirácea).

Material Revisado.

MÉXICO. **Guerrero**: Mpio. Metlatónoc, al W de Yoso Tise'e, al W de Coicoyán, terreno Atzompa, 17°16'N, 98°20'W, 2725 m, 24 may 1988, *A. de Avila 308* (MEXU); ENE of Puerto del Gallo, 2700–2850 m, 11 Nov 1973, *D. Breedlove 36022* (MEXU); Mpio. General Heliodoro Castillo, aprox. 3 km después de Puerto del Gallo, rumbo a Filo de Caballos, 17°28'13.7"N, 100°10'21.8"W, 2500 m, 21 feb 1999, *E. Domínguez 505* (FCME); Mpio. General Heliodoro Castillo, ladera W del Cerro Teotepec, a 1.2 km al E de Puerto del Gallo, 17°28'00"N, 100°10'02"W, 2400 m, 25 ago 1999, *E. Domínguez 903* (FCME); Distrito Galeana, Piedra Ancha, 3025 m, 5 mar 1939, *B. Hinton* et al. 14221 (US); Mpio. Tlacotepec, km 12 del camino que va de El Jilguero a Puerto del Gallo, 8 ene 1983, *F. Lorea 2279* (FCME); Mpio. Tlacotepec, cercanías de Puerto del Gallo, 2400 m, 13 mar 1983, *F. Lorea 2360* (FCME, MEXU); Mpio. General Heliodoro Castillo, 5 km al SW de El Jilguero, por el camino que va a Puerto del Gallo, 2750 m, 26 oct 1987, *F. Lorea 4099* (FCME); Mpio. Tlacotepec, 7 km al SW del Jilguero, 4 jun 1983, *T. Ramamoorthy 4221* (MEXU); Mpio. Atoyac de Alvarez, Puerto del Gallo, 2420 m, 9 jul 1985, *J. Ramírez 21* (FCME); +- 2 km al NE del campamento El Gallo, estribaciones suroccidentales del cerro Teotepec, 17°28'N, 100°13'W, 2650 m, 27–29 ene 1965, *J. Rzedowski & R. McVaugh 125* (MEXU); Mpio. Atoyac, a 6 km al SW de Puerto del Gallo, camino de Filo de Caballo a Atoyac, 2320 m, 29 mar 1983, *J. Soto & E. Martínez 5138* (MEXU); Mpio. General Heliodoro Castillo, 4 km después de Puerto del Gallo, hacia el cerro Teotepec, ladera S, 17°27'52"N, 100°09'39"W, 2610 m, 11 dic 1998, *E. Velásquez 1802* (FCME); Mpio. General

Heliodoro Castillo, aprox. 3 km antes de El Gallo, frente a la entrada a Las Pozas, W de Teotepec, 17°27'50"N, 100°10'00"W, 2550 m, 16 abr 1999, *E. Velásquez 2031* (FCME); Mpio. General Heliodoro Castillo, El Gallo, cañada al oriente del poblado, ladera W del Teotepec, 17°28'30"N, 100°10'08"W, 2400 m, 17 abr 1999, *E. Velásquez 2100* (FCME). **Oaxaca**: Mpio. Santiago Juxtlahuaca, Distr. Santiago Juxtlahuaca, poblado El Manzanal, a 15 km de la desviación de Santa Rosa, carretera a San Miguel Cuevas, 17°13'N, 98°03'W, 2325 m, 18 feb 1995, *J. Calzada 19771* (MEXU).

Clave para las especies de *Jamesonia* con frondas grandes, escandentes y ejes comúnmente flexuosos

1. Últimos segmentos orbiculares o cuneados (no dicotómicamente lobulados), amplios con 6 a 20 o más venas *J. orbignyana*
- 1'. Últimos segmentos lobulados dicotómicamente a profundamente bifidos, delgados, por lo general con 1 o 2 venas 2
2. Venas y tejido laminar completamente glabros; esporas de color marrón oscuro *J. glaberrima*
- 2'. Venas y a veces el tejido laminar pelosos; esporas de color canela o marrón claro 3
3. Rizoma 2–4 mm de diámetro; haz del tejido laminar peloso, envés peloso sólo sobre las cóstulas y venas; punta de las venas ensanchadas en el ápice 4
- 3'. Rizoma 4–10 mm de diámetro; haz del tejido laminar glabro, envés peloso sólo sobre las venas y soros; punta de las venas del mismo grosor 5
4. Rizoma con escamas gruesas en la base y con parte media y ápice piliforme, las escamas pardo oscuro a atropurpúreas; frondas escandentes; raquis marcadamente flexuoso; lámina papirácea *J. flexuosa*
- 4'. Rizoma con escamas aplanadas y lanceoladas, las escamas pardo pálido a pardo-doradas; frondas erectas; raquis recto o ligeramente flexuoso; lámina delicadamente herbácea *J. galeana*
5. Escamas del rizoma dispersas (rizoma visible) y ovadas con un ápice largamente acuminado; frondas 2–3 m de largo; ejes pardos y glabros; tricomas sólo en los soros *J. refracta*
- 5'. Escamas del rizoma densas (rizoma no visible) y lanceoladas; frondas 0,5–1,5 m de largo; ejes atropurpúreos a negros y escasa a medianamente pelosos; tricomas sobre las venas y en los soros *J. retrofracta*

Agradecimientos

Agradezco al Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICIT) por financiarme los viajes a Colombia y Estados Unidos para revisar los especímenes, a la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) por el apoyo de mi tiempo laboral y por el financiamiento para revisar herbarios en México. Se agradece a los herbarios: Herbario Nacional de Colombia (COL), herbario de la Facultad de Ciencias de la UNAM (FCME), herbario

Universidad de Antioquia (HUA), herbario del Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe (JAUM), Herbario Medellín, Universidad Nacional de Colombia (MEDEL), herbario Nacional de México (MEXU) y United States National Herbarium (US) por permitirme consultar sus colecciones. A Ana Chavarría, Christian Herrera Martínez y Vanesa Morales Cerdas, por sus excelentes ilustraciones. A los revisores anónimos que ayudaron a mejorar este trabajo.

Referencias

- Christenhusz, M.J.M., Zhang, X.C. & Schneider, H. (2011). A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. *Phytotaxa* 19: 7–54. DOI: 10.11646/phytotaxa.19.1.2
- Gómez, L.D. & Arbeláez, A.L. (2009). *Flora de Nicaragua*. Tomo IV: helechos. St. Louis, Missouri, USA: Missouri Botanical Garden.
- Mickel, J.T. & Smith, A.R. (2004). The Pteridophytes of Mexico. *Mem. New York Bot. Gard.* 88: 1–1029.
- Moran, R.C. (1995). *Eriosorus*. Pp. 130–131. In: R. C. Moran & R. Riba (eds.), *Flora Mesoamericana. Volumen 1*. Psilotaceae a Salviniaceae. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, D. F., México.
- Moran, R.C. (2009). *Géneros Neotropicales de helechos y licófitos*. Una guía para estudiantes. Sistemática de Plantas Tropicales. Mimeografiado. 406 p.
- Murillo, M.T., Murillo, J., León, A. & Triana, L.A. (2008). *Los Pteridófitos de Colombia*. Bogotá, DC: Arfo. 533 p.
- Sánchez, P. (2004). Phylogenetics and Biogeography of the neotropical fern genera *Jamesonia* and *Eriosorus* (Pteridaceae). *Amer. J. Bot.*, 91 (2): 274–284. doi: 10.3732/ajb.91.2.274.
- Smith, A.R. (1995). Pteridophytes. In: P. E. Berry, B. K. Holst, and K. Yatskievych (eds.). *Flora of the Venezuelan Guayana. Volume 2*. Pteridophytes, Spermatophytes: Acanthaceae-Araceae (pp. 1–327). Portland, Oregon, U.S.A: Timber Press.
- Tryon, A.F. (1970). A Monograph of *Eriosorus*. *Contr. Gray Herb.*, 200: 54–174.
- Tryon, R.M. & Stolze, R. 1989. Pteridophyta of Peru. Part II. 13. Pteridaceae-15. Dennstaedtiaceae. *Fieldiana Bot. n.s.*, 22: 94–122.

Diversity and endemism of tree ferns (Cyatheaceae: Polypodiopsida) in the Central Andes along latitudinal and elevation gradients

Adrian Tejedor
School for Field Studies

Correspondencia

A. Tejedor

e-mail: adriantejedor@gmail.com

Recibido: 21 junio 2017

Aceptado: 21 julio 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Abstract

Tree ferns are a conspicuous and yet poorly known component of Neotropical montane forests. Conservation efforts for these plants are hindered by a lack of information of patterns of species richness and endemism, which has been in turn prevented by an unstable taxonomy and limited collections. Based on distribution data from the most recent floristic accounts of tree ferns from Peru, Bolivia, and Argentina, this study presents an analysis of species richness and endemism of this group in the Central Andes. Results show that tree fern diversity falls steeply with distance from the equator, and the effect is stronger in the lowlands than at tree line to -20° . In elevation, tree fern species richness shows a bimodal distribution with peaks at 1000 and 2100 m, where as many as 24 species can coexist in 200 m elevation intervals. Endemic species are concentrated in the northern Central Andes. Endemics in more southern latitudes tend to be restricted to higher elevations. Correspondingly, the tree fern flora of the southern Central Andes is mostly composed of widely ranging species, potentially tolerant of higher seasonality and longer term climatic fluctuations. These results provide a tool for predicting how many tree fern species should be found in any given area of the Central Andes, even those botanically unexplored, and indicates areas where species richness and endemism is concentrated, and may serve to guide efforts aimed to conserve tropical montane forests.

Key words: Tree ferns, diversity, endemism, Central Andes, Peru

Resumen

Diversidad y endemismo de los helechos arborescentes (Cyatheaceae: Polypodiopsida) en los Andes Centrales a lo largo de gradientes de latitud y elevación.

Los helechos arborescentes son un componente conspicuo pero poco conocido de los bosques montaños Neotropicales. Su taxonomía inestable y limitadas colecciones han dificultado el análisis de sus patrones de riqueza y endemismo y por lo tanto de su conservación. Este estudio presenta un análisis de riqueza y endemismo de helechos arborescentes en los Andes Centrales sobre la base de tratados florísticos de este grupo para Perú, Bolivia y Argentina. Los resultados muestran que la diversidad declina rápidamente con la distancia al ecuador, y el efecto es más marcado en tierras bajas que a lo largo del límite superior del bosque hasta los -20° . En elevación, la riqueza muestra una distribución bimodal con picos a 1000 y 2200 m, en los cuales pueden coexistir hasta 25 especies en intervalos de elevación de 200 m. Los endémicos están concentrados en los Andes Centrales del norte. En latitudes más australes, los endémicos tienden a estar distribuidos a mayores elevaciones. Por consiguiente, los Andes Centrales del sur están dominados por especies de amplia distribución, potencialmente tolerantes a mayor estacionalidad y mayores fluctuaciones climáticas de largo plazo. Estos resultados sirven como herramienta para predecir la riqueza y endemismo de los helechos arborescentes en cualquier punto a lo largo de los Andes Centrales y para guiar esfuerzos de conservación en los bosques montaños Neotropicales.

Palabras clave: Helechos arborescentes, diversidad, endemismo, Andes Centrales, Perú

Introduction

Cyatheaceae are one of the most diverse fern families, with more than 600 species worldwide (Smith et al., 2008) and constitute a dominant vegetation element in tropical montane forests (Large and Braggings, 2004). A previous analysis of geographic patterns of tree fern community richness and endemism in the Americas (Rodríguez-Barahona et al., 2011) showed that in the New World, Cyatheaceae are most diverse along wet slopes of the Andes and southern Central American mountains within 10° of latitude north and south of the equator, with outlying local centers of richness in the Brazilian Atlantic Forest, and the southern Guiana Highlands. The results of Rodríguez-Barahona et al. (2011), however, are based on web databases that often suffer from spotty geographic sampling (Feeley and Silman 2011) and from specimen misidentification (Goodwin et al., 2015). Moreover, while these results are suitable to guide conservation efforts at continental scales, their usefulness is limited at country or province scales, where most of the prioritization of conservation areas is actually made (Possingham et al., 2006). The present study offers a more fine-grained analysis of patterns of diversity and endemism of tree ferns in the Central Andes, with an emphasis on Peru, based on recent floristic and taxonomic work (Lehnert, 2009; 2011; Lehnert and Tejedor, 2016; Márquez, 2010; Martínez, 2014) and on the assumption of non-disjunct distributions. These results provide a tool for predicting tree fern species richness in the Central Andes and for identification of areas important for the conservation of this group and tropical montane forests.

Methods

Given that avoiding potentially misidentified herbarium accessions was a major concern of this study, analyses were based on a database of presence/absence at second order political units (regions in Peru, departments in Bolivia, and provinces in Argentina) and minimum and maximum elevation records obtained from floristic treatments and species descriptions (Lehnert, 2009; 2011; Lehnert and Tejedor, 2016; Márquez, 2010; Martínez, 2014). This approach required assuming non-disjunct distributions. Political units where a particular species had not been recorded and which lay in between political units with known occurrences of that species were assumed to have presence of that species. This database was used to construct graphs of elevation range of species in every political unit. Based on the graphs, a

matrix of elevation by latitude was built recording the presence or absence of species at 200 m elevation intervals. Latitudes were obtained from the centroid of every political unit. This matrix was used to calculate the total number of species in every political unit, to generate graphs of species richness by elevation in every political unit, and to produce an interpolation graph of species richness across both elevation and latitude. Graphs were made using the software packages Microsoft Excel, PAST (Hammer et al., 2001), and Origin (OriginLab, Northampton, MA, USA).

Maps for every species occurring in Peru were made with DIVA-GIS (<http://diva-gis.org/>) assuming, again, non-disjunct distributions between the northernmost and southernmost localities and the highest and lowest elevations known for each species. Richness maps, based on overlapping individual species maps, were generated in ArcGIS (Esri). Widespread Andean species were defined as those species that range from Venezuela, Colombia, or Ecuador south into Bolivia. Northern Andean species were defined as those that range from Venezuela, Colombia, or Ecuador south into Peru but not Bolivia. This definition was used to assess patterns only within Peru. Central Andean species excluding Peruvian endemics (treated as Central Andean species in the strict sense) were defined as those that range from the south of the Huancabamba depression in northern Peru into Bolivia. In the analysis of endemism vs. elevation, only species distributed in Peru and Bolivia, were included because only those have published northernmost and southernmost localities. Distribution of collection localities for Cyatheaceae as a family but not for individual species used to compare density of collection localities vs. species richness curve was obtained from Tropicos database. All statistical significance analyses were performed using PAST (Hammer et al., 2001). Correlation significance was assessed with Pearson correlation tests, and mean elevations between central Andean species vs. widespread species were compared with a T-test.

Results

Across latitude and elevation along the Central Andes, tree fern species richness is highest in northern Peru (Amazonas-Cajamarca) on the Andean foothills (around 1000 m) and middle elevations (around 2100 m), where as many as 22-24 species can potentially coexist. Tree fern species richness is lowest, on the other hand, in southern Bolivia (Chuquisaca) and northern Argentina (Salta-Jujui), where only one species, the Bolivian-

Tucuman forest endemic *Alsophila odonelliana* (Alston) Lehnert, is found between 1000 and 1900 m (fig. 1A). Overall, tree fern species richness decreases markedly with increasing distance from the equator (fig. 1B; $R^2=0.94$; $P<0.01$). In Peru, potential richness across elevation has a humped shape, with a tendency to being bimodal (figs. 1A and 1C), but richness maxima shift upslope to 2100 m toward the south (e.g. in Cusco). At the upper limits of tree fern distribution (elevations above

3000 m), latitude has little effect on species richness from northern Peru to central Bolivia. Latitude has a stronger effect in the lowlands, where tree fern communities are nearly twice as rich in northern Peru (10-15 species) compared to those in southern Peru (4-9 species). A map of species richness in Peru also shows a clear decline in species numbers from north to south but the trend is punctuated by

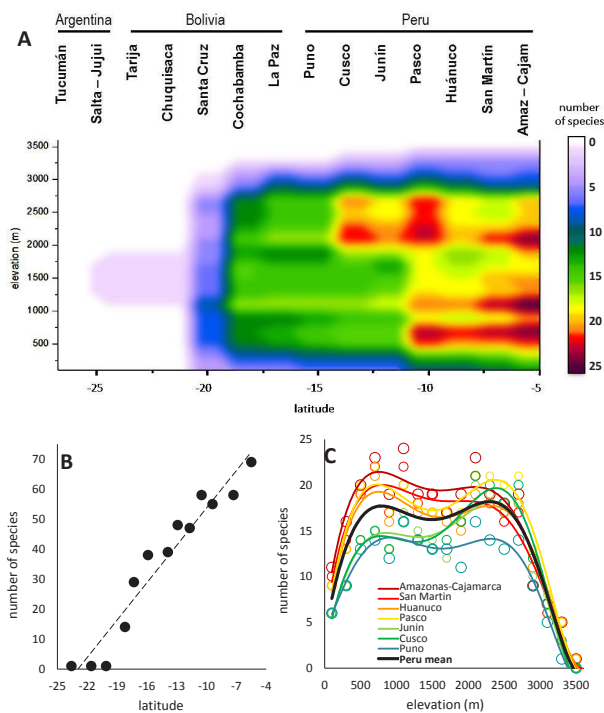


Figure 1. A. Potential species richness of tree ferns across latitude and elevation in the Central Andes. B. Relationship of tree fern species richness with latitude only. Tree fern species richness decreases markedly with increasing distance from the Equator. C. Potential number of tree fern species in seven regions of Peru (colored lines) and average potential number of species across elevation for the entire country (black line). Open circles are expected species richness every 200 m elevation intervals based on species range overlap and lines are 6th order polynomial functions. **Figura 1.** A. Distribución a lo largo de los gradientes de latitud y elevación de la riqueza potencial de especies de helechos arborescentes en los Andes Centrales. B. Relación entre la riqueza de especies y la latitud solamente. La riqueza de especies disminuye rápidamente con un incremento de la distancia hacia el ecuador. C. Riqueza potencial de helechos arborescentes en siete regiones de Perú (líneas coloreadas) y promedio de riqueza de especies para todo Perú (línea negra). Los círculos representan la riqueza esperada cada 200 m de elevación con base en la yuxtaposición de distribuciones. Las líneas son polinomios de 6to orden.

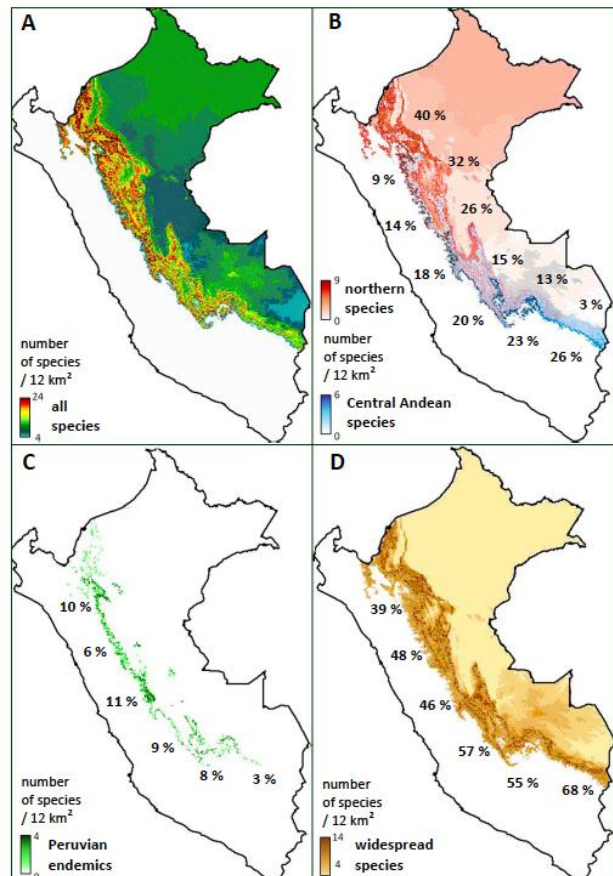


Figure 2. Geographic distribution of species richness of tree ferns in Peru and contribution of four floristic components (see definition under Methods) to Central Andean tree fern diversity. A. all species. B. Northern species (red), Central Andean species (blue). C. Peruvian endemics. D. Widespread species. The percentages indicate the proportion contributed by each component to regional floras at six latitudes from northern to southern Peru. **Figura 2.** Distribución geográfica de la riqueza potencial de especies de helechos arborescentes en Perú y contribución a la diversidad de cuatro componentes florísticos definidos en la sección de métodos. A. Todas las especies. B. Especies con distribución norteña (en rojo) y especies endémicas de los Andes Centrales (en azul). C. Endemismos peruanos. D. Especies de distribución amplia. Los porcentajes indican la contribución relativa de cada componente a la flora regional en seis latitudes desde el norte hasta el sur del Perú.

the highly dissected topography of the Andes and by the two elevation bands of maximum richness. In spite of the resulting patchy mosaic of species richness along the Andean slope, the overall steep North-South gradient of species richness in the Central Andes remains evident (fig 2A).

Endemism among Andean tree ferns is also influenced by both latitude and elevation. Central Andean endemics in a broad sense (30 % of the flora), split here between those found only in Peru (Peruvian Endemics, 15 %) and those shared between Peru and Bolivia (here called “Central Andean endemics” in a strict sense, 15 %) are mostly confined to mid-high elevations (fig 2 B, C). Northern species (33 % of the Central Andean flora, fig. 2 B, see methods for definition) dominate the lowland flora in northern Peru, whereas widespread Andean and Amazonian species (32 %, dominate mid and lower elevations in southern Peru (fig. 2D). The dominance of widespread species increases with distance from the Equator (fig 2D). In latitude, Peruvian endemics are mostly concentrated along a band stretching from northern (Amazonas/N San Martin, -5°) to central Peru (Pasco, -10°, fig. 2 C). Overall, species with range mid points at more southern latitudes tend to be distributed at higher elevations in the Central Andes (fig 3).

Discussion

Tree fern species richness in the Central Andes shows a steep decline with increasing distance from the Equator, losing linearly an average 6 % of species per degree of arc, with northern Peru having 45% more species than northern Bolivia. This pattern stands in sharp contrast to that found for all ferns in general at both regional (Kreft et al., 2010) and plot scales (Salazar et al., 2013), which shows virtually no change in species richness between Ecuador and northern Bolivia. This decline in species numbers also exceeds that of all other vascular plants (Mutke and Barhlott, 2005), which within the South American tropics lose on average 1% of species per degree of arc. The decline in species richness for tree ferns, on the other hand, is most similar to that of palms (Bjorholm et al., 2006), which lose on average 5 % of species per degree of arc from the equator to -15°. Thus, tree ferns species richness is favored by the proximity to the equator much more than that of most other plants. Given that the northernmost latitude included in this study is only -4°, extending the analysis further to northern South America and into Central America should confirm whether there is indeed an equatorial peak in Andean tree fern species richness (as suggested here and by

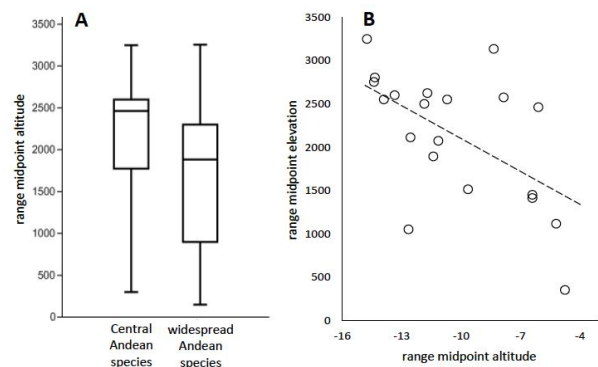


Figure 3. A. Central Andean species, including Peruvian endemics, are on average distributed at higher elevations than widespread Andean species. **B.** Among Central Andean species there is a weak but significant negative correlation between latitude and elevation of range midpoint ($R^2=0.34$, $P<0.01$). Southern species tend to be distributed at higher elevations than northern species.

Figura 3. A. Las especies de helechos arborescentes endémicas de los Andes Centrales, incluyendo a los endémicos peruanos, están distribuidos en promedio a elevaciones mayores que las especies de amplia distribución en los Andes. **B.** Entre las especies de los Andes Centrales hay una correlación negativa leve pero significativa entre la altitud y la elevación del punto central de distribución de cada especie ($R^2=0.34$, $P<0.01$). Las especies distribuidas con centros de distribución más al sur tienden a ocupar elevaciones más altas que las especies con centros de distribución más al norte.

Ramírez-Barahona et al., 2016) or whether species richness plateaus in northern Colombia and Costa Rica as shown by Ramírez-Barahona et al. (2011).

The tight latitudinal trend of regional species richness in tree ferns documented here does not seem to be associated with absolute precipitation, which is spotty along the eastern flanks of the Andes and has maxima at -13° and -17° (Killeen et al., 2007), rather than in northern Peru. It may be, instead, associated with precipitation and temperature seasonality, which increases consistently with latitude from the equator to the Tropic of Capricorn along the eastern flank of the Andes and western Amazon (Garreaud, 2009; Wung and Fu, 2002). The steeper decline in species numbers with latitude in the lowlands points more specifically at precipitation seasonality as a major correlate of species richness. Along Andean slopes, precipitation seasonality is buffered by year-round orographic rain (Killeen et al., 2006) and could allow drought susceptible species to persist further away from the equator than expected based on the seasonal fluctuation of the ITCZ (Garreaud, 2009).

In elevation, the apparent bimodal distribution

of richness found here among tree ferns is striking, deviating from the unimodal hump found for all ferns in the Neotropics (Salazar et al., 2013) and other tropical regions (Kessler et al., 2011). The species richness maxima found here coincide with two elevations where many species ranges end and overlap: around 1000 m, where lowland and premontane species (e.g. *Alsophila cuspidata* (Kunze) D.S. Conant, *Cyathea lasiosora* (Mett. ex Kuhn) Domin, *Cyathea leucolepismata* Alston, and *Cyathea subincisa* (Kunze) Domin) intergrade with lower montane species (e.g. *Cyathea bipinnatifida* (Baker) Domin, *Cyathea uleana* (Samp.) Lehnert, and *Cyathea ulei* (Christ) Domin); and 2000 m, where lower montane species intergrade with montane species (e.g. *Cyathea carolihenricii* Lehnert, *Cyathea catacampta* Alston, *Cyathea herzogii* Rosenst., and *Cyathea ruiziana* Klotzsch). These areas of overlap also appear to coincide with climatic or otherwise vegetation boundaries such as the band of maximum annual precipitation along Andean foothills (Killeen et al., 2007) and cloud base around 1800 m (Gentry, 1988; Rapp, 2010). Corroborating the bimodal species richness with plot data and assessing whether elevation floristic transitions among tree ferns are related with climatic boundaries could be fruitful future research avenues.

The concentration of endemics at mid to high elevations found among Central Andean tree ferns mirrors previous findings for Andean plants (Balslev, 1988; Kessler, 2000; Kessler, 2001). The decrease in the richness of endemics toward the south is accompanied by a proportional increase in the richness of wide-ranging species, which span much of the length of the tropical Andes. This floristic substitution also points to seasonality as a major factor affecting tree fern species distribution and richness. As seasonality increases, as it does along the Central Andes and adjacent lowlands with distance from the equator (Garreaud, 2009; Wung and Fu, 2002), only species with broader niches (Mori and Chuine, 2006) and greater tolerance of desiccation (Baltzer et al., 2008) may be able to cope with longer dry spells. Testing the relationship between physiology and size and latitude of tree fern species ranges remains a tantalizing question for future studies.

The results presented here provide a tool for predicting how many tree fern species are to be found in any given area of the Central Andes, even those botanically unexplored. Because of the approach followed with this study (i.e. the assumption of non-disjunct ranges), species numbers at any given 200 m interval along the Andean slope have the risk of being overestimated and thus should be interpreted

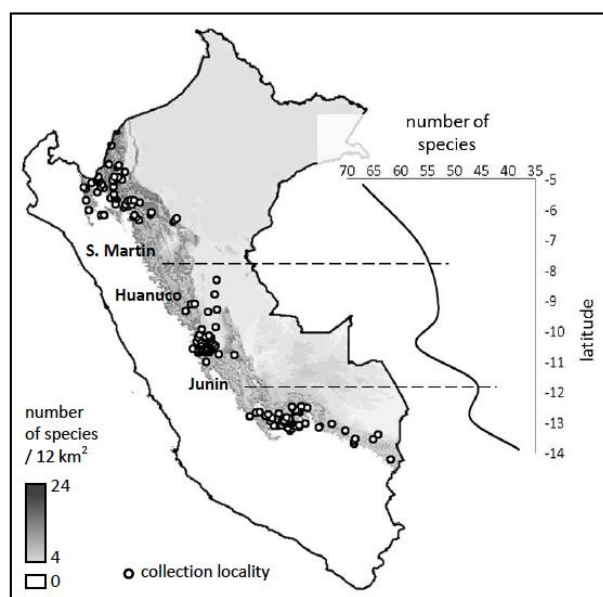


Figure 4. Tree fern species richness in Peru in relation to collection localities. The base map shows overall tree fern species richness. **Figura 4.** Riqueza de especies de helechos arborescentes en Peru en relación a localidades de colecta. El mapa de base muestra riqueza de especies.

as the maximum richness expected for any of those intervals. Still, even under the non-disjunct distribution assumption, collection gaps continue to affect the Central Andean species richness curve at least in Peru (fig 4). Apparent species-poor valleys in the species richness curve, which correspond to central San Martín-Huanuco and Junín, are likely artifacts of the paucity of collection efforts. Future sampling in these areas should be expected to bring their number of species up, smoothing out the species richness curve and likely facilitating analyses of environmental correlates of diversity. Nonetheless, the patterns presented here are a good starting point to understand the distribution of richness and endemism of Central Andean tree ferns and may serve to guide national and regional-scale efforts to conserve tropical montane forests.

Conclusions

From the equator south along the Central Andes, tree ferns show one of the steepest latitudinal gradients of species richness among vascular plants. In contrast to ferns in general, Central Andean tree ferns do not have a single maximum of species richness at middle elevations but rather two peaks, at 1000 and 2100 m. In the Central Andes, tree fern endemism is concentrated

at middle to high elevations in the northern part of the region, with widespread Andean species dominating the flora in the south. Precipitation seasonality may be the most important factor affecting species richness, endemism, and floristic composition of Central Andean tree ferns.

Acknowledgements

I am grateful to Sylvia Gutierrez for help with data input and to Michael Kessler and Johanset Orihuela who offered constructive criticism to earlier versions of the manuscript.

References

- Balslev, H. (1988). Distribution patterns of Ecuadorean plant species. *Taxon*, 37, 567–577.
- Baltzer, J. L., Davies, S. J., Bunyavejchewin, S., & Noor, N. S. M. (2008). The role of desiccation tolerance in determining tree species distributions along the Malay–Thai Peninsula. *Functional Ecology*, 22, 221–231.
- Bjorholm, S., Svenning, J.C., Baker, W.J., Skov, F., & Balslev, H. (2006). Historical legacies in the geographical diversity patterns of New World palm (Arecaceae) subfamilies. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 151, 113–125.
- Feeley, K. J., Silman, M. R. (2011). The data void in modeling current and future distributions of tropical species. *Global Change Biology*, 17, 626–630.
- Garreaud, R. D. (2009). *The Andes climate and weather. Advances in Geosciences*, 22, 3–11. <http://www.adv-geosci.net/22/3/2009/adgeo-22-3-2009.pdf>
- Gentry, A.H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75, 1–34
- Goodwin, Z. A., Harris, D. J., Filer, D., Wood, J. R. & Scotland, R. W. (2015). Widespread mistaken identity in tropical plant collections. *Current biology*, 25, 1066–1067. doi: 10.1016/j.cub.2015.10.002.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1–9.
- Kessler, M. (2000). Altitudinal zonation of Andean cryptogam communities. *Journal of Biogeography*, 27, 275–282.
- Kessler, M., Parris, B.S. & Kessler, E. (2001). A comparison of the tropical montane pteridophyte floras of Mount Kinabalu, Borneo, and Parque Nacional Carrasco, Bolivia. *Journal of Biogeography*, 28(5), 611–622.
- Kessler, M., Kluge, J., Hemp, A., & Ohlemuller, R. (2011). A global comparative analysis of elevational species richness patterns of ferns. *Global Ecology and Biogeography*, 20, 868–880.
- Killeen, T.J., Douglas, M., Consiglio, T., Jørgense, P.M., & Mejía, J. (2007). Dry spots and wet spots in the Andean hotspot. *Journal of Biogeography (Special issue)*, 1–17.
- Kluge, J., Kessler, M. & Dunn, R.R. (2006). What drives elevational patterns of diversity? A test of geometric constraints, climate and species pool effects for pteridophytes on an elevational gradient in Costa Rica. *Global Ecology and Biogeography*, 15, 358–371. https://www.researchgate.net/profile/Michael_Kessler/publication/229682551
- Kreft, H., Jetz, W., Mutke, J., Barthlott, W. (2010). Contrasting environmental and regional effects on global pteridophyte and seed plant diversity. *Ecography*, 33, 408–419. <http://www.uni-goettingen.de/de/document/download/3bfe88977d84edb99e5e9584c9>.
- Large, M. F. & J. E. Braggins. (2004). *Tree Ferns*. Portland/Cambridge: Timber Press.
- Lehnert, M. (2006). The Cyatheaceae and Dicksoniaceae (Pteridophyta) of Bolivia. *Brittonia*, 58, 229–244.
- Lehnert, M. (2011). The Cyatheaceae (Polypodiopsida) of Peru. *Brittonia* 63, 11–45.
- Lehnert, M., & Tejedor, A. (2016). Three new scaly tree fern species (Cyathea -Cyatheaceae) from the Amotape-Huancabamba Zone and their biogeographic context. *American Fern Journal*, 106(3), 175–190.
- Márquez, G. J. (2010). La familia Cyatheaceae (Pteridophyta) en la Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 45(1-2), 173–182.
- Martínez, O. G. (2014). A new species of *Alsophila* (Cyatheaceae) from the Tucuman-Bolivian forest. *Brittonia*, 67(1), 48–55.
- Morin, X., & Chuine, I. (2006). Niche breadth, competitive strength and range size of tree species: a trade-off based framework to understand species distribution. *Ecology Letters*, 9, 185–195.
- Mutke J, Barthlott W. (2005). Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Biologische Skriften*, 55, 521–531.
- Possingham, H. P., Wilson, K. A., Andelman, S.J., & Vynne, C. H. (2006). Protected Areas: Goals, limitations and designs. In M. J. Groom, G. K. Meffe, & C. R. Carroll (Eds.) *Principles of Conservation Biology*. 3rd ed. (pp 509–533). Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.
- Ramírez-Barahona, S., Luna-Vega, I., Tejero-Díez, D. (2011). Species richness, endemism, and conservation of American tree ferns (Cyatheales). *Biodiversity and Conservation*, 20(1), 59–72. DOI 10.1007/s10531-010-9946-2.
- Ramírez-Barahona S, Barrera-Redondo J, Eguiarte LE. (2016). Rates of ecological divergence and body size evolution are correlated with species diversification in scaly tree ferns. *Proceedings of the Royal Society B*, 283, 20161098. DOI 10.1098/rspb.2016.1098.
- Rapp, J.M. (2010). Climate Control on Plant Performance Across an Andean Altitudinal Gradient. PhD Dissertation Wake Forest University.
- Salazar, L., Homeier, J., Kessler, M., Abrahamczyk, S., Lehnert, M., Krömer, T., & Kluge, J. (2013). Diversity patterns of ferns along elevational gradients in Andean tropical forests. *Plant Ecology and Diversity*. <http://dx.doi.org/10.1080/17550874.2013.843036>

- Smith, A., Pryer, K. M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H., & Wolf, A. (2008). Fern classification. In T. A. Ranker & C. H. Haufler (Eds.) *The biology and evolution of ferns and lycophytes*. (pp. 107–133). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Smith, A. R., Leon, B., Tuomisto, H., Van Der Werff, H., Moran, R. C., Lehnert, M. & Kessler, M. (2005). New records of pteridophytes for the flora of Peru. *Sida*, 21, 2321–2342.
- Sosa et al. (2016), Historical reconstruction of climatic and elevation preferences and the evolution of cloud forest-adapted tree ferns in Mesoamerica. *PeerJ*, 4:e2696; DOI 10.7717/peerj.2696
- Wang, H., & Fu, R. (2002). Cross-equatorial flow and seasonal cycle of precipitation over South America. *Journal of Climate*, 15, 1591–1608. <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0442%282002%29015%3C1591>.

A new species of *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm. (Dryopteridaceae) from Costa Rica

Alexander Francisco Rojas-Alvarado & Pablo Elías Muñoz-Cambronero

Universidad Nacional de Costa Rica.

Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica, C.A.

Correspondence

A. F. Rojas-Alvarado

e-mail: alfrojasa@yahoo.com

Recibido: 6 abril 2017

Aceptado: 29 agosto 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

Una especie nueva de Elaphoglossum Schott ex J. Sm. Dryopteridaceae) para Costa Rica.

Una especie nueva de *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm de la sección *Undulata* Christ es descrita aquí: *Elaphoglossum pallidosquamum* A. Rojas & P. Muñoz. La nueva especie es similar a *E. herpestes* por su rizoma largo ascendente, pero difiere por escamas del rizoma no cordadas basalmente (vs. cordadas) y más pálidas pardo-amarillentas con margen blanquecino o completamente blanquecinas (vs. castañas), escamas del estípite adpresas (vs. adpresas a moderadamente patentes) y más densas, lámina más angosta 2.5-4 cm de ancho (vs. 5-6.5 cm) con base anchamente cuneada a obtusa (vs. redonda), lámina con diferentes tipos de escamas las costales imbricadas (vs. distantes entre sí), escamas adaxiales densas (vs. dispersas), escamas abaxiales enrolladas y moderadamente densas (vs. escamas abaxiales planas y dispersas) y, escamas marginales muy densas (vs. moderadamente densas a dispersas) y estas más pálidas blanquecinas a amarillo pálido (vs. pardas).

Palabras clave: Eupolipodios, helechos, Polypodiales, Pteridophyta, sección *Undulata*.

Abstract

A new species of *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm of section *Undulata* Christ is described here: *Elaphoglossum pallidosquamum* A. Rojas & P. Muñoz. The new species is similar to *E. herpestes* because of its long ascending rhizome, but differs by its not chordate (vs. chordate) basally and paler rhizome scales brown-yellowish with whitish margin or fully whitish (vs. castaneous), appressed (vs. appressed to moderately patent) and more dense stipe scales, narrower blade 2.5-4 cm broad (vs. 5-6.5 cm) with broadly cuneate to obtuse base (vs. rounded), blade with different scale types costa with imbricate scales, dense and flat adaxial scales, moderately dense and enrolled abaxial scales and very dense marginal scales (vs. all scales similar except for denser in midvein) and they are paler whitish to pale yellow (vs. brown).

Key words: Eupolypods, ferns, Polypodiales, Pteridophyta, section *Undulata*.

Introduction

Mickel (1995) described the genus *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm. by its simple blade rarely pedate or cristate), free veins and acrostichoid sori.

Mickel & Atehortúa (1980) divided the genus in nine sections. The section *Undulata* Christ was defined by short creeping to erect rhizome; absence of phyllopodia; ovate-lanceolate blade; subulate to deltate-lanceolate, erose or toothed blade

scales; conspicuous hydathodes; spores without ridges, openly reticulate-equate, the spine bases diverging and forming a reticulum occasionally with irregular verrucae or perforated crests. Rouhan et al. (2004), in their phylogenetic analyses, found that the section *Undulata* is part of the section *Setosa* (Christ) Mickel & L. Atehortúa. However, because the authors decided not to describe the aberrant clades as new taxa, it is assumed that further studies are required to establish a new classification system.

Mickel (1985) mentioned that many proliferous species are included in section *Undulata* or section *Setosa* (Christ) Mickel & Atehortúa, but principally in the first one.

In the last four decades several new species of section *Undulata* have been described such

as: Mickel (1985, 1987, 1991, 1992, 1993), Rojas (1996), Rojas & Rodríguez (2012) and Vasco (2006). In this work a new species is described.

Materials and methods

The new species here described is the result of comparisons of specimens with collections from Costa Rica deposited in the National Herbarium (CR), and of the revision of related species and keys from the Neotropics such as: Gómez & Arbeláez (2009), Mickel (1995), Mickel & Smith (2004) and Murillo et al. (2008).

Results

Elaphoglossum pallidosquamum A. Rojas & P. Muñoz, sp. nov. (fig. 1, 2).



Figure 1. *Elaphoglossum pallidosquamum* (A. Rojas & P. Muñoz 11254, CR): A. Habit. B. Rhizome scale. C. Stipe scales. **Figura 1.** *Elaphoglossum pallidosquamum* (A. Rojas & P. Muñoz 11254, CR): A. Hábito. B. Escama del rizoma. C. Escama del estípite.

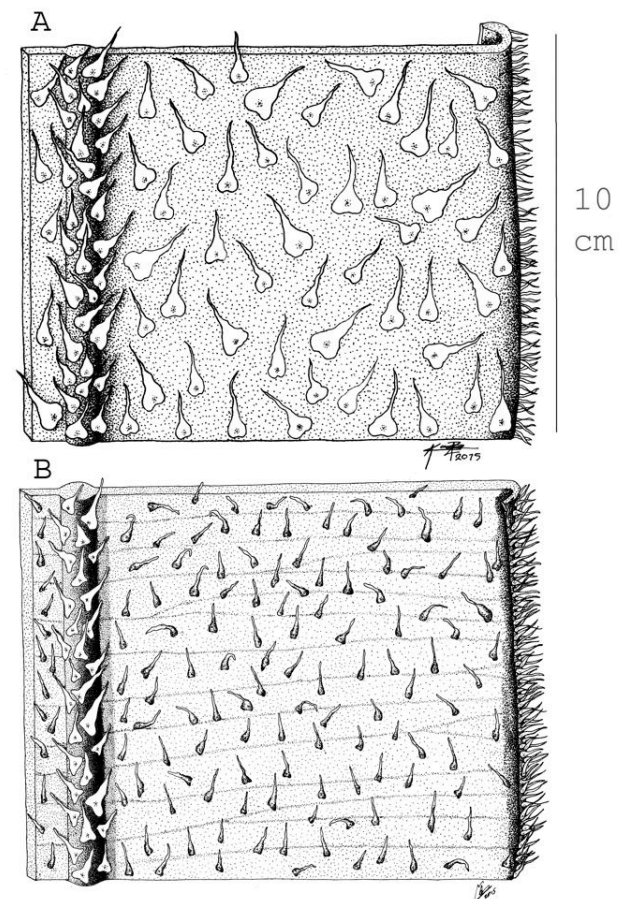


Figure 2. *Elaphoglossum pallidosquamum* (A. Rojas & P. Muñoz 11254, CR): A. Adaxial blade detail; B. Abaxial blade detail. **Figura 2.** *Elaphoglossum pallidosquamum* (A. Rojas & P. Muñoz 11254, CR): A. Detalle adaxial de la lámina; B. Detalle abaxial de la lámina.

TYPE: COSTA RICA. **San José:** Dota, Carretera Interamericana, entre los km 72 y 73, orillas de quebrada, 9°37'58"N, 83°50'33"W, 2850–2900 m, 12 jul 2015, A. Rojas & P. Muñoz 11254 (holotype: CR 282817; isotypes: 3 duplicates will be distributed).

Diagnoses. Differs from *Elaphoglossum herpestes* Mickel by its terrestrial habitat, paler and no cordate basally rhizome scales, adpressed and denser stipe scales, narrower blades with broadly cuneate to obtuse bases, paler blade scales and enrolled abaxial blade scales.

Description. Terrestrial; rhizome 4–7 mm in diameter, creeping to ascending; rhizome scales 1.5–4 × 0.5–2 mm, ovate-acuminate, brown-yellowish with whitish margin or fully whitish, flat, adpressed, very dense, rounded at base, attenuate at apex, entire at apex; fronds 36–52 cm long, 2–6 cm apart; phyllopodia absent; stipe 1/3–1/2 of the frond length; stipe scales 3–5 × 0.5–2 mm, ovate to lanceolate, whitish to pale yellow, sometimes with brown center, moderately adpressed, rounded at base, attenuate at apex, entire at margin; blade 24.5–32 × 2.5–4 cm, linear-elliptic, chartaceous, broadly cuneate to obtuse at base, acute to acuminate at apex, entire and undulate at margin, scaly in both surfaces; adaxial blade scales 2–2.5 × 0.5–1.0 mm, ovate to lanceolate, expanded at base, whitish to pale yellow, attached point brown, adpressed, flat, but marginal scales slightly enrolled near the attached point to blade, rounded at base, attenuate at apex, denticulate at margin; abaxial blade scales 0.5–1.0 × 0.25–0.3 mm, lanceolate to linear-lanceolate, enrolled at base, pale brown to brown-reddish with paler apex, rounded at base, attenuate at apex, sparsely denticulate at margin; costal scales 2.0–3.0 × 0.5–0.75 mm, lanceolate, whitish to pale yellow, flat, expanded at base, acute at apex, sparsely denticulate at margin; blade margin scales 1.0–1.5 × 0.25–0.75 mm, linear to subulate with enrolled base, pale brown to pale brown-reddish, rounded at base, acuminate at apex, sparsely dentate at margin; hydathodes present; fertile fronds 23–36 cm long; stipe 3/5–3/4 of the frond length; fertile blade 5.5–12.5 × 1.0–2.0 cm, lanceolate, cuneate and enrolled at base, acute at apex, flat; intersporangial scales 0.75–1.0 × 0.1–0.25 mm, lanceolate with enrolled base, brown-yellowish, sparsely denticulate at margin.

Distribution. Only in the Caribbean side of Cordillera de Talamanca in Costa Rica and Cordillera de Los Andes in Ecuador at 2850–3200 m.

Etymology. The name of this new species make reference to scales coloration, which are pale.

Additional revised specimens. COSTA RICA. **San José:** Dota, Carretera Interamericana, entre los Km 72 y 73, orillas de quebrada, 9°37.897'N 83°50.607'W, 2850–2900 m, 10 abr 2015, A. Rojas & F. Villalobos 11032 (CR, 282818, 3 duplicates will be distributed).

ECUADOR. **Napo:** Cerro Sumaco, 3200 m, 27 Apr 1979, M.T. Madison 6866 (SEL, 26863).

Discussion

Elaphoglossum pallidosquamum differs from *E. herpestes* Mickel by its terrestrial (vs. epiphytic) habitat, non cordate (vs. cordate) basally and paler rhizome scales (brown-yellowish with whitish margin or fully whitish vs. castaneous), adpressed (vs. adpressed to moderately patent) and denser stipe scales, narrower blades (2.5–4 cm broad vs. 5–6.5 cm) with bases broadly cuneate to obtuse (vs. rounded), blades scales of different types (imbricate vs. distant costal scales, scales dense vs. sparse adaxial, enrolled and moderately dense vs. flat abaxial scales and marginal scales sparse and very dense vs. all scales similar except for denser scales in midvein) and different in color (whitish to pale yellow vs. brown) figs. 1, 2).

Acknowledgments

This work has been possible thanks to the Vicerrectoría de Investigación of Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) and Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Also thanks to the Herbario Nacional de Costa Rica (CR) for the specimen loans and the space to study the specimens, to Karen Bermúdez Barrantes and Jasmín Mejía Vargas for the excellent illustrations, to the anonymous reviewers for their suggestions; and to all who, in one way or another, made this work possible.

References

- Gómez, L. D., & Arbeláez, A. L. (2009). *Flora de Nicaragua*. Tomo IV: helechos. St. Louis, Missouri: Missouri Botanical Garden.
- Mickel, J. T. (1985). The proliferous species of *Elaphoglossum* (Elaphoglossaceae) and their relatives. *Brittonia*, 37, 261–278.
- Mickel, J. T. (1987). New species of *Elaphoglossum* (Elaphoglossaceae) from northern South America. *Brittonia*, 39, 313–339.
- Mickel, J. T. (1991). *Elaphoglossum*. In RM Tryon & RG Stolze (Eds.), *Pteridophyta of Peru. Part IV. 17. Dryopteridaceae* (pp. 111–166). *Fieldiana Botany*,

- new series, 32.
- Mickel, J.T. (1992). New species of the fern genus *Elaphoglossum* from Mesoamerica. *Novon*, 2, 368–382.
- Mickel, J.T. (1993). Six new species of *Elaphoglossum* (Elaphoglossaceae). *Brittonia*, 45, 213–218.
- Mickel, J.T. (1995). *Elaphoglossum*. In RC Moran, R Riba (Eds.), *Flora Mesoamericana*: Volumen 1. Psilotaceae a Salviniaceae. México D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mickel, J.T., & Atehortúa, L. (1980). Subdivision of the genus *Elaphoglossum*. *American Fern Journal*, 70, 47–68.
- Mickel, J.T., & Smith, A. R. (2004). The Pteridophytes of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 88, 1–1029.
- Murillo, M.T., Murillo, J., León, A. & Triana, L.A. (2008). *Los Pteridófitos de Colombia*. Bogotá, D.C. Arfo.
- Rojas, A.F. (1996). Twelve new species of *Elaphoglossum* from Costa Rica and Panama. *Brenesia*, 45–46, 7–26.
- Rojas, A.F., & Rodríguez, W.D. (2012). Dos especies nuevas de *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm. (Dryopteridaceae) prolíferos para Colombia. *Actualidades Biológicas*, 34, 183–186.
- Rouhan, G., Dubuisson, J.Y., Rakotondrainibe, F., Motley, T.J., Mickel, J.T., Labat, J.N. & Moran, R.C. (2004). Molecular phylogeny of the fern genus *Elaphoglossum* (Elaphoglossaceae) based on chloroplast non-coding DNA sequences: contributions of species from the Indian Ocean area. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 33, 745–763.
- Vasco, A. (2006). *Elaphoglossum gemmatum* (Elaphoglossaceae), a new species from Colombia. *Brittonia*, 58, 1–3.

Les Ptéridophytes du Maroc : richesse, diversité et état de conservation

Mohamed Fennane & Mohamed Ibn Tattou

Université Mohammed V de Rabat, Institut Scientifique,
Avenue Ibn Battouta, Agdal, 10106, Rabat, Maroc.

Correspondence

M. Fennane

e-mail : fennane@israbat.ac.ma

Reçu: 5 junio 2017

Accepté: 5 septembre 2017

Publié on line: décembre 2017

Résumé

La flore ptéridophytique du Maroc compte une soixantaine d'espèces, réparties entre 25 genres et 17 familles. Les auteurs présentent cette flore sur les plans quantitatif et qualitatif en faisant des comparaisons avec des pays voisins et avec l'ensemble de la région Euro-Méditerranéenne. Les traits écologiques remarquables des fougères du Maroc sont soulignés; des exemples précis sont donnés. Une clé dichotomique aidant à l'identification des familles, des genres et des espèces est fournie. Les états de présence et de conservation des espèces sont exposés et discutés. Une attention toute particulière est accordée à 16 espèces, considérées rares ou menacées, et à 22 autres pour lesquelles les informations sont insuffisantes. Les auteurs concluent qu'il y a urgence pour entreprendre des actions de protection de certaines espèces qui sont sérieusement menacées.

Mots clés: *Pteridophyta*, Maroc, écologie, chorologie, conservation.

Resumen

La flora pteridofítica de Marruecos cuenta con una sesentena de especies, repartidos en 25 géneros y 17 familias. Se presenta esta flora en términos cuantitativos y cualitativos, realizando una comparación con los países vecinos y con el conjunto de la región Euro-Mediterránea. Se señalan los caracteres ecológicos más interesantes a los helechos de Marruecos, ofreciéndose algunos ejemplos concretos. Se añade una clave dicotómica para la identificación de familias, géneros y especies. Se discute la situación, la presencia y conservación de las especies. Una atención particular merecen 16 especies consideradas como raras o amenazadas y 22 especies para las cuales la información es insuficiente. Se concluye que es urgente emprender acciones de protección de ciertas especies que están seriamente amenazadas.

Palabras clave: *Pteridophyta*, Marruecos, ecología, corología, conservación.

Introduction

Avec une soixantaine d'espèces, les ptéridophytes au Maroc, représentent environ 1,5 % de la flore vasculaire nationale. Cette présence importante et significative n'est pas appréciée à sa juste valeur par les non-botanistes, y compris les gestionnaires de la biodiversité. Et

pour cause, il y aurait d'une part le fait que nos fougères n'ont pas de valeur socio-économique notable, du moins jusqu'à présent, et d'autre part, elles n'impressionnent pas les paysages naturels, sauf de rares exceptions ; presque toutes sont des hémicryptophytes ou des géophytes à rhizome et non des arbres ou des arbustes.

Sur le plan des recherches et des connaissances,

un nombre important d'espèces posent des problèmes taxonomiques et nomenclaturaux. Il y a aussi un grand manque d'informations sur les aires de répartition géographiques.

Dans ce travail, il est question de donner un état des lieux pour aider les chercheurs à mieux orienter leurs investigations et les gestionnaires à définir les priorités et choisir les espèces cibles pour des opérations de protection et/ou de conservation.

Richesse et diversité des ptéridophytes au Maroc

Les données bibliographiques et webographiques récentes (Fennane & Ibn Tattou 2005 ; Dobignard & Chatelain 2010 ; EMBase ; PPGI 2016) sur les cryptogames vasculaires (fougères ou Ptéridophytes) au Maroc révèlent l'existence de 66 espèces, dont 7 de présence douteuse (*Asplenium anceps* Hook. & Grev., *Asplenium foreziense* Magnier, *Dryopteris borreii* (Newman) Oberh. & Tavel, *Equisetum arvense* L., *Polypodium interjectum* Shivas, *Allosorus tinaei* (Tod.) Christenh., *Azolla cristata* Kaulf.) et 1 naturalisée (*Azolla filiculoides* Lam.) ; toutes appartenant à 25 genres et 17 familles. Les familles sont comprises ici selon la nouvelle classification phylogénétique (PPGI 2016). A l'échelle nationale, ces chiffres paraissent faibles par rapport à l'ensemble de la flore vasculaire du pays qui s'élève à 155 familles, 1005 genres (dont 24 de présence douteuse) et 4248 espèces (dont 261 de présence douteuse et 74 naturalisées) (Fennane & Ibn Tattou 2012). Mais, cette présence s'avère remarquable quand on fait des comparaisons avec des pays voisins comme l'Algérie et l'Espagne et avec l'ensemble de l'aire Euro-Méditerranéenne (Fig. 1). Les richesses du Maroc et de l'Algérie sont très voisines, assez loin derrière l'Espagne.

L'examen de la composition de la flore

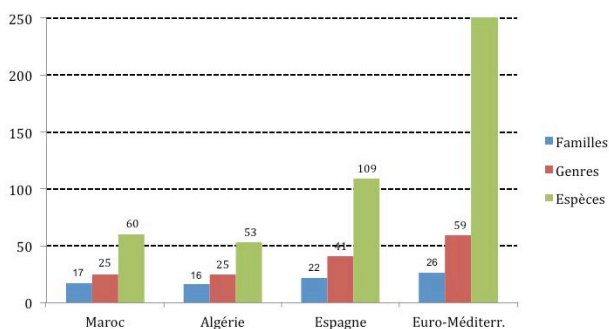


Figure 1. Nombres de familles, genres et espèces de Ptéridophytes au Maroc et dans des pays voisins

ptéridophytique du Maroc et de pays voisins laisse montrer une grande diversité (Tab. 1). Toutes les familles sont représentées chez nous par un ou deux genres seulement, sauf les Ptéridacées. La même situation se retrouve en Algérie et un peu moins en Espagne. Les genres les plus riches sont *Asplenium* (18 espèces au Maroc et 38 dans l'aire Euro-Méditerranéenne) et *Isoëtes* (respectivement 6 et 21 espèces) ; tous les autres ne comptent pas plus de deux espèces chacun, sauf *Allosorus* (5 espèces), *Ophioglossum* (3 espèces) et *Polystichum* (3 espèces).

Sur le plan de l'endémisme, la flore ptéridophytique du Maroc ne montre pas beaucoup d'originalités ; on note une seule espèce endémique nationale, *Selaginella balansae* (A. Braun) Hieron., et 4 autres à des échelles plus larges : *Asplenium anceps* Hook. & Grev. (Maroc, Algérie et îles Macaronésiennes), *Asplenium hispanicum* (Coss.) Greuter & Burdet (Maroc, Algérie et Espagne), *Davallia canariensis* (L.) Sm. (Maroc, Péninsule Ibérique et îles Macaronésiennes) et *Asplenium hemionitis* L. (Maroc, Algérie, Péninsule Ibérique et îles Macaronésiennes).

Ecologie et chorologie

D'une manière générale, les fougères sont réputées être liées aux milieux humides, ombragés. Au Maroc, ce fait s'exprime clairement par leur répartition ; elles sont plus présentes dans les régions montagneuses bien arrosées (Fig. 2 et 3). La chaîne Rifaine est la plus riche, avec pas moins de 48 espèces, dont *Pteris incompleta* Cav. et *Paragymnopteris marantae* (L.) K.H. Shing, observées uniquement dans le Rif occidental.

Les zones les plus chaudes et arides du pays (Ms et As) ne montrent pas plus de sept espèces, dont *Equisetum ramosissimum* Desf., cosmopolite, présente un peu partout sur les sols humides, entre 0 et 2000 m. Parmi les autres espèces, quatre s'observent dans plusieurs autres régions, à savoir *Asplenium ceterach* L., *Allosorus acrostichus* (Balb.) Christenh., *Allosorus pteridioides* (Reichard) Christenh. et *Cosentinia vellea* (Aiton) Tod.. Finalement, seules *Ophioglossum polyphyllum* A. Braun et *Davallia canariensis* (L.) Sm. sont intéressantes à souligner : la première est connue uniquement dans le Nord du Sahara atlantique ; la deuxième montre une aire très disloquée divisée en deux grands sous-ensembles, un méridional et un septentrional. Nous reviendrons plus loin en détail sur ces aires de répartition. Par ailleurs, ces deux espèces sont aussi d'une grande valeur biogéographique. *Ophioglossum* est chez nous à la limite nord-occidentale de son aire mondiale

Familles	Maroc		Algérie		Espagne		Région Euro-Méditerranéenne	
	G	SP	G	SP	G	SP	G	SP
Aspleniaceae	1	18	1	13	1	16	1	38
Athyriaceae	1	1	1	1	2	3	3	6
Blechnaceae	1	1	2	2	2	2	2	8
Cystopteridaceae	1	1	2	2	2	4	2	6
Davalliaceae	1	1	0	0	1	1	1	1
Dennstaedtiaceae	1	1	1	1	1	1	3	4
Dryopteridaceae	2	5	2	4	2	17	5	43
Equisetaceae	1	2	1	2	1	8	1	10
Isoëtaceae	1	6	1	5	1	9	1	21
Marsileaceae	2	3	2	4	2	4	2	9
Ophioglossaceae	2	4	1	2	2	5	2	12
Osmundaceae	1	1	1	1	1	1	1	1
Polypodiaceae	1	2	1	1	1	3	5	8
Pteridaceae	6	10	6	11	8	14	11	33
Salviniaceae	1	1	1	1	2	2	2	7
Selaginellaceae	1	2	1	1	1	3	1	6
Thelypteridaceae	1	2	1	2	3	5	3	6
Culcitaceae	0	0	0	0	1	1	1	1
Hymenopyllaceae	0	0	0	0	2	2	2	4
Lycopodiaceae	0	0	0	0	3	4	3	14
Psilotaceae	0	0	0	0	1	1	1	1
Woodsiaceae	0	0	0	0	1	3	1	5
Cyatheaceae	0	0	0	0	0	0	2	3
Dicksoniaceae	0	0	0	0	0	0	1	1
Nephrolepidaceae	0	0	0	0	0	0	1	2
Onocleaceae	0	0	0	0	0	0	1	2
Total	25	60	25	53	41	109	59	252

Tableau 1. Richesse et diversité des Ptéridophytes au Maroc, comparées à des pays voisins. (Références : Fennane & Ibn Tattou 2005, Dobignard & Chatelain 2010, EMBase)

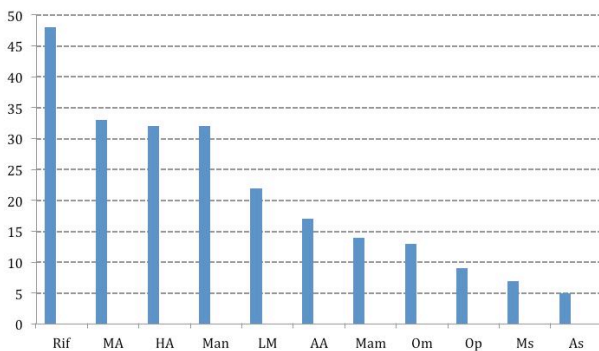


Figure 2. Nombres d'espèces de fougères par région au Maroc (abréviations : voir Fig. 3).

qui concerne les îles Macaronésiennes, l'Afrique, l'Arabie et l'Australie. En revanche, *Davallia*, comme nous venons de le voir, est une eury-endémique des îles Macaronésiennes, du Maroc et de la Péninsule Ibérique.

Sur le plan écologique, la majorité des fougères s'observent sur des substrats humides : fissures des rochers, talus, vieux murs, troncs d'arbres etc. Certaines sont aquatiques à sub-aquatiques ; c'est le cas notamment pour *Azolla*, *Isoètes*, *Marsilea* et *Pilularia*. Les espèces pouvant supporter des conditions relativement sèches sont peu nombreuses, parmi elles : *Asplenium ceterach*, *Ophioglossum polyphyllum*, *Cosentinia vellea*, *Allosorus hispanicus*, *Allosorus pteridioides*... Enfin, il convient de signaler des cas bien particuliers, comme *Asplenium marinum* L., lié aux grottes et falaises maritimes ou sublittorales et *Botrychium lunaria* (L.) Sw., spécial aux pozzines de hautes montagnes.

Clés d'identification

Clé des familles

- 1 Tiges articulées. Feuilles réduites, verticillées et soudées sous forme d'une gaine autour des tiges. . Equisetaceae
- 1' Tiges non articulées. Feuilles développées.....2
- 2 Plante aquatique flottanteSalviniaceae
- 2' Plante aquatique ou terrestre, enracinée.....3
- 3 Feuilles sans pétiole différencié.....4
- 3' Feuilles à pétiole bien différencié, court ou long.....6
- 4 Plante à tige réduite sous forme de bulbe («corm»). Feuilles linéaires, toutes en rosette basale..... Isoëtaceae
- 4' Plante sans bulbe. Feuilles filiformes ou ovalet-triangulaires, non en rosette basale.....5
- 5 Plante aquatique. Feuilles filiformes Marsileaceae
- 5' Plante terrestre. Feuilles semblables et spiralées, ou dimorphes et disposées sur un même plan sur 4 rangées ; ligule présente.....Selaginellaceae
- 6 Feuilles à 4 folioles, longuement pétiolées Marsileaceae
- 6' Feuilles simples ou divisées, mais non 4-foliolées .7
- 7 Sporangies en épis ou en panicules, sans anneau ou à anneau rudimentaire8

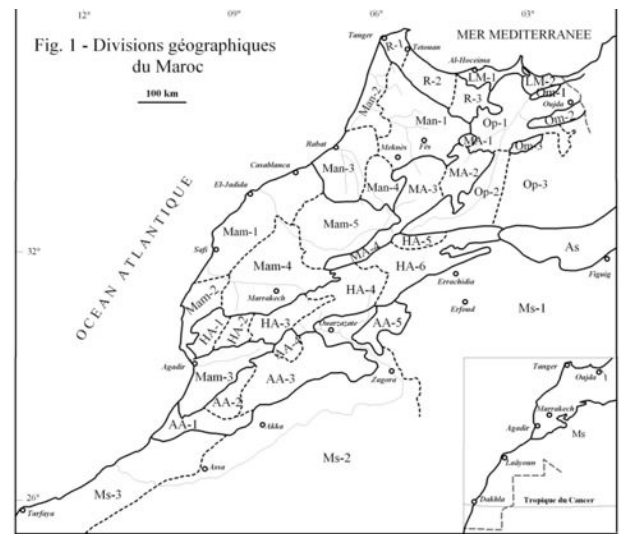


Figure 3. Divisions géographiques du Maroc (Ms : Maroc saharien, As : Atlas Saharien, AA : Anti-Atlas, HA: Haut Atlas, MA : Moyen Atlas, Mam : Maroc atlantique sud, Man : Maroc atlantique nord, Op : hauts plateaux de l'oriental, Om: monts de l'Oriental, LM : Littoral Méditerranéen, R : Rif)

- 7' Sporangies disposées sur la face inférieure des feuilles, à anneau nettement différencié9
- 8 Panicules de sporanges portées par le tiers supérieur de la feuille (= fronde); anneau central rudimentaire. Plante dépassant 40 cm de long.....Osmundaceae
- 8' Epis ou panicules de sporanges disposés sur les divisions latérales des feuilles, anneau absent. Plante de moins de 40 cm. Ophioglossaceae
- 9 Plante annuelle, prothalle se multipliant par bourgeonnement, ± pérennant dans les stations à humidité permanente. Limbe foliaire très mince, très polymorphe, arrondi-réniforme et ± digité dans les feuilles inférieures, ovale à oblong-lancéolé dans les suivantes, où il est 1-3 pinnatiséqué, obtus ; marges planes, ne recouvrant pas les soresPteridaceae (Anogramma)
- 9' Plante nettement vivace, à rhizome ± développé. Autres caractères non réunis..... 10
- 10 Feuilles dimorphes, les fertiles différentes des stériles, 1-pinnatiséquées. Blechnaceae
- 10' Feuilles homomorphes..... 11
- 11 Feuilles à limbe entier, lobé, palmé ou dichotome.... Aspleniaceae p.p.
- 11' Feuilles à limbe pinnatipartite à 1-4-pinnatiséqué 12
- 12 Limbe foliaire pinnatipartite 13
- 12' Limbe foliaire bipinnatipartite ou 1-4-pinnatiséqué ... 14
- 13 Feuilles à limbe glabre; sores nues Polypodiaceae p.p.
- 13' Face inférieure des feuilles couverte d'écaillies; sores à indusie latérale..... Aspleniaceae p.p.
- 14 Marges du limbe révolutes au moins à maturité . 15
- 14' Marges du limbe ± planes..... 17
- 15 Sores sans indusie, couvertes seulement par la marge du limbe foliaire.....Pteridaceae
- 15' Sores à indusie ciliée ou poilue 16

- 16 Limbe foliaire 2-3-pinnatiséqué, largement ovale-triangulaire.....Dennstaedtiaceae
- 16' Limbe foliaire pinnatiséqué, lancéolé à oblong-lancéolé, à face inférieure poilue .. Thelypteridaceae
- 17 Feuilles distiques le long du rhizome ; pétiole articulé à la base; sores apicales, submarginales disposées à l'extrémité des nervures; indusie en coupe..... Davalliaceae
- 17' Feuilles fasciculées. Autres caractères non réunis 18
- 18 Sores arrondies ou elliptiques, disposées sur deux rangées, de part et d'autre de la nervure principale des divisions primaires ; limbe 1-pinnatifidité à 1-pinnatiséqué; sporanges longuement pédicellés... Polypodiaceae
- 18'-Sores non disposées comme ci-dessus; autres caractères non réunis 19
- 19 Pennes courtement pétiolulées.....20
- 19 Pennes sessiles.....21
- 20 Limbe 1-2-pinnatiséqué; pennes 7-18 de chaque côté, les inférieures opposées, les supérieures alternes; feuilles longues 10-50 cm Cystopteridaceae
- 20' Limbe 2-3-pinnatiséqué; pennes jusqu'à 40 de chaque côté, alternes; feuilles longues (20-)30(-150) cm; sores oblongues, arquées; indusie virguliforme ou réniforme, persistante..... Athyriaceae
- 21 Face inférieure au moins du limbe poilue; indusie ciliée ou poilue Thelypteridaceae
- 21' Limbe glabre; indusie glabre si présente 22
- 22 Sores elliptiques, oblongues ou linéaires; indusie absente ou latérale Aspleniaceae
- 22' Sores orbiculaires; indusie orbiculaire à réniforme ou en fer à cheval, peltée ou non.....Dryopteridaceae

Clés des genres et des espèces

Aspleniaceae : Au Maroc, un seul genre *Asplenium*

- 1 Feuille à limbe coriace, pinnatiséqué, couvert sur la face inférieure de squamules brunâtres, brillantes, saillantes à la face supérieure verte et glabre; rachis squamuleux.....**A. ceterach**
- 1' Face inférieure des feuilles non couvertes d'écaillures 2
- 2 Limbe entier cordiforme à 3-5-lobé, pourvu à la base de 2 lobes latéraux entiers ou ± bilobés et au-dessus d'un lobe médian plus long; lobe médian ± acuminé; lobes latéraux obtus ou acuminés, horizontaux ou ascendants, présentant souvent vers la base un lobule arrondi, rarement aigu, défléchi, à 5 nervures primaires palmées avec de nombreuses nervures secondaires pennées souvent une ou plusieurs fois dichotomes; marge ondulée-subcrénelée..... **A. hemionitis**
- 2' Limbe non comme ci-dessus 3
- 3 Limbe simple, à base cordiforme 4
- 3' Limbe diversement divisé, ou si entier à base non cordiforme, ni hastée 5
- 4 Feuilles des jeunes pieds à limbe ovale, obtus au sommet; celles des pieds adultes à limbe hasté, un peu rétréci et oblong-lancéolé au-dessus des oreillettes basilaires souvent divariquées et aiguës,

- parfois obtuses et peu saillantes, rarement lobées. Nervures secondaires plus espacées, ramifiées en majeure partie loin de leur base, non épaissies au sommet. Sores oblongs, ne dépassant guère 13 mm. **A. sagittatum** subsp. **glabrum**
- 4' Limbe linéaire-lancéolé, obtus ou aigu et même un peu acuminé, à marge entière, à face inférieure un peu squamuleuse, surtout sur le rachis, bientôt glabre. Sores linéaires inégaux, les plus longs pouvant atteindre 30 mm. **A. scolopendrium**
- 5 Limbe trifide à triséqué ou inégalement dichotome. Pétiole vert sauf à la base brun-rouge 6
- 5' Limbe 1-4-penné..... 7
- 6 Indusie à marge ± érodée. Limbe étalé, parfois même réfléchi, coriace, court, trifide ou triséqué ; segments cunéiformes à la base, rhomboïdaux-oblongs, irrégulièrement laciniés ou dentés, couverts de poils glanduleux..... **A. seelosii**
- 6' Indusie à marge entière. Limbe inégalement dichotome, parfois trifide, parfois entier, coriace, glabre; segments linéaires-cunéiformes, le plus souvent élargis et dentés ou laciniés au sommet (dents dressées linéaires-lancéolées aiguës **A. septentrionale**
- 7 Limbe 1-penné..... 8
- 7' Limbe 2-4-penné..... 15
- 8 Rachis ailé. Rhizome court 9
- 8' Rachis non ailé 11
- 9 Rachis ± noir ou vert, étroitement ailé par la décurrence des pinnules. Feuilles en touffes lâches. **A. marinum**
- 9' Rachis ailé sur toute sa longueur. Feuilles en touffes denses 10
- 10 Rachis très épais, rougeâtre brillant, ailé sur toute sa longueur, 2 ailes sur la face supérieure, 1 aile sur la face inférieure **A. anceps**
- 10' Pétiole brun-sombre **A. trichomanes**
- a Pennes lancéolées à oblongues-lancéolées, symétriques, à marges incisées-crénelées; les inférieures nettement hastées.... subsp. **pachyrachis**
- a' Pennes suborbiculaires, ovales ou oblongues, asymétriques; à marges entières ou parfois dentée-crénelée subsp. **quadrivalens**
- 11 Pétiole plus long que le limbe **A. ruta-muraria**
- 11' Pétiole plus court que le limbe ou l'égalant..... 12
- 12 Plante couverte de poils glanduleux ± denses. Limbe oblong-lancéolé ; pennes ovales-anguleux..... **A. petrarchae** p.p.
- 12' Plante glabre ou à rachis seulement densément vilieux 13
- 13 Pétiole densément vilieux à longs poils en mélange avec des poils glanduleux courts et vers la base de grosses glandes subsessiles.... **A. hispanicum**
- 13' Pétiole glabre ou légèrement écaillureux et devenant glabrescent 14
- 14 Pétiole brun-rouge brillant..... **A. obovatum**
- a Pinnules à dents aiguës subspinuleuses subsp. **billotii**
- a' Pinnules arrondies, à dents courtes, obtuses..... subsp. **obovatum**
- 14' Pétiole brun-pourpre à sa base seulement, vert ailleurs..... **A. viride**

- 15 Sores courtement elliptiques..... **A. petrarchae**
 15' Sores linéaires à oblongues..... 16
 16 Pétiole de couleur verte sauf à la base brun-rouge.
 Limbe des jeune feuilles lâchement squamuleux et à
 glandes ± pédicellées, bientôt glabrescent et à la fin
 glabre..... **A. ruta-muraria**
 16' Pétiole brun, noirâtre, pourpre-noir à noir..... 17
 17 Pennes à nervation flabellée, plusieurs fois
 dichotome. Pétiole à écailles noires piliformes.....
 **A. aethiopicum**
 17' Nervation des pennes non flabelliformes. Pétiole
 glabre..... 18
 18 Pétiole égalant ou plus long que le limbe
 **A. adiantum-nigrum**
 18' Pétiole plus court de le limbe 19
 19 Sores insérées vers la base des nervures de la face
 inférieure..... **A. fontanum**
 19' Sores insérées sur les nervures dans la partie
 médiane de la face inférieure..... **A. foreziense**

Athyriaceae : Au Maroc, une seule espèce **Athyrium
 filix-femina**

Blechnaceae : Au Maroc, une seule espèce **Blechnum
 spicant**

Cystopteridaceae : Au Maroc, une seule espèce
Cystopteris fragilis

- a Spores rugueuses à surface granuleuse
subsp. **dickieana**
 a' Spores à surface épineuse b
 b Surface des spores à épines en lames plus ou moins
 découpées à leur sommet.....subsp. **diaphana**
 b' Surface des spores à épines coniques..... c
 c limbe 3-penné; divisions ultimes larges jusqu'à
 1,5 mm, linéaires-rectangulaires, à sommet
 généralement émarginé; nervures se terminant dans
 les émarginations.....subsp. **alpina**
 c' Limbe 2(3)-penné; divisions ultimes de plus de
 2 mm de large, ± largement ovales-oblongues,
 à marges dentées, à dents aiguës ou obtuses,
 rarement émarginées, nervures se terminant dans
 les émarginations ou au sommet des dents
subsp. **fragilis**

Davalliaceae: Au Maroc, une seule espèce **Davallia
 canariensis**

Dennstaedtiaceae: Au Maroc, une seule espèce
Pteridium aquilinum

Dryopteridaceae

- 1 Limbe foliaire largement elliptique, 1-2-pinnatiséqué;
 pinnules symétriques. Indusie réniforme **Dryopteris**
 1' Limbe foliaire lancéolé, 1-3-pinnatiséqué; segments
 ultimes ± falciformes, auriculées à la base et
 asymétriques, à lobule terminal plus développé.
 Indusie peltée..... **Polystichum**

Dryopteris

- 1 -Pétiole densément paléacé seulement à sa base;
 écailles à majorité lancéolées, brun-clair à brun-

rougeâtre. Limbe largement elliptique. Pinnules
 à bords légèrement courbés et convergents au
 sommet; lobules terminaux aigus ou obtus.....

- **D. filix-mas**
 1' Pétiole et rachis densément paléacés; écailles à
 majorité filiformes, brun-sombre au moins à leur
 base. Limbe lancéolé à triangulaire-lancéolé.
 Pinnules à bords parallèles, entiers ou lobulés..... 2
 2 Pinnules lobées, à lobules rectangulaires **D. borrieri**
 2' Pinnules entières à non nettement lobées.
 Zone apicale des pinnules à dents aiguës, peu
 nombreuses..... **D. affinis**

Polystichum

- 1 Limbe 1-penné..... **P. lonchitis**
 1' Limbe 2(3) penné..... 2
 2 Pinnules presque toutes pétiolulées, non
 décourrentes..... **P. setiferum** subsp. **aculeatum**
 2' Pinnules inf. seules pétiolulées, les autres sessiles et
 ± connées avec le rachis. **P. aculeatum** subsp.
lobata

Equisetaceae : Au Maroc, un seul genre **Equisetum**

- 1 Tiges stériles blanches ; rameaux verts, les fertiles
 simples. Epi gros, conique, à sommet obtus.
 Stomates superficiels..... **E. telmateia**
 1' Tiges toutes semblables, vertes, ordinairement très
 rameuses. Epi court, ovoïde et apiculé. Stomates
 enfoncés dans l'épiderme..... **E. ramosissimum**

Equisetum arvense L. : Présence jamais confirmée au
 Maroc ; confusion avec **E. ramosissimum**.

Equisetum giganteum L. : Cité par l'IUCN [<http://www.iucnredlist.org>] (accès, avril 2017) ; indication
 erronée.

Isoetaceae: Au Maroc, un seul genre **Isoetes**

- 1 Phyllopoies généralement absentes. Sporange
 couvert partiellement ou totalement le voile. Plante
 aquatique longtemps submergée..... 2
 1' Phyllopoies entourant la tige bulbiforme. Sporange
 totalement couvert par le voile. Plante terrestre ou
 aquatique, mais jamais submergée 5
 2 Voile totalement absent..... **I. setacea**
 2' Voile présent, parfois réduit en arc de cercle..... 3
 3 Rhizome couvert d'écailles stériles..... **I. tiguliana**
 3' Rhizome sans écailles 4
 4 Feuilles longues de 5-30 cm **I. velata**
 4' Feuilles longues de 40-80 cm **I. longissima**
 a Voile couvrant la totalité du sporange..... subsp.
longissima
 a' Voile ne couvrant pas la totalité du sporange b
 b Voile en arc réduitsubsp. **adspersa**
 b' Voile couvrant au moins le quart du sporange.....
 subsp. **intermedia**
 5 Phyllopoie à 2 dents latérales en « cornes » longues
 3-10 mm, la centrale réduite ou absente ... **I. histrix**
 5' Phyllopoie à 3 dents réduites égales ou inégales ...
 **I. durieui**

Marsileaceae

- 1 Feuilles cylindriques subulées, sessiles

- *Pilularia minuta*
- 1' Feuilles à 4 folioles, longuement pétiolées..... *Marsilea*..... 2
- 2 Feuilles glabres. Rhizome grêle très allongé, rampant, radicaire, poilu puis glabrescent ; sporocarpes sur des pédicelles 2 fois plus longs qu'eux, insérés par 2-3 vers la base du pétiole ou plus haut, ellipsoïdes-comprimés ou lenticulaires, arrondis au sommet, ± tronqués et portant 2 dents inégales (la supérieure plus longue) à la base, couverts dans la jeunesse de poils articulés apprimés, puis glabres, non marginés, lisses. Sores 5-6 de chaque côté..... *M. minuta*
- 2' Folioles cunéiformes ± pubescentes. Rhizome épais, émettant des stolons allongés et grêles, pubescent ; sporocarpes disposés en 2 rangs sur le rhizome, insérés solitairement sur la base des feuilles, portés par un pédicelle égalant au plus le 1/4 du sporocarpe, lenticulaires couverts de poils articulés 3-8-cellulaires, à 2 dents rapprochées très courtes, parfois presque nulles. Sores 3-4 de chaque côté..... *M. strigosa*

Ophioglossaceae

- 1 Feuille à segment stérile pinnatiséqué ; segment fertile ramifié paniculé..... *Botrychium lunaria*
- 1' Feuille à segment stérile entier, lancéolé ; segment fertile spiciforme, avec 2 rangées de sporanges.. *Ophioglossum*..... 2
- 2 Appendice sporangifère naissant le plus souvent au-dessous du milieu du sporophylle. Rhizome ± allongé, un peu épaissi, à ramifications grêles traçantes, nu, à racines fasciculées, peu serrées, brunes. Limbe étroitement lancéolé, longuement atténué en pétiole à sa base, brièvement atténué et obtusiuscule au sommet..... *O. lusitanicum*
- 2' Appendice sporangifère naissant vers le milieu ou au au-dessus du milieu du sporophylle. Rhizome court..... 3
- 3 - Plante haute de 3-6 cm. Epi des sporanges plus ou moins longuement pédonculé, plus court que le limbe (dans les spécimens encore immatures), linéaire, mucroné au sommet. Limbe largement lancéolé, atténué à la base, non pétiolé, ± aigu et nettement apiculé au sommet..... *O. polyphyllum*
- 3' - Plante haute de 10-35 cm. Epi des sporanges plus ou moins longuement pédonculé, dépassant ordinairement le limbe, linéaire, mucroné au sommet. Limbe obtus, rarement acutiuscule et mucroné au sommet, plus ou moins brusquement atténué à la base, non pétiolé..... *O. vulgatum*

Osmundaceae: Au Maroc une seule espèce *Osmunda regalis*

Polypodiaceae: Au Maroc, un seul genre *Polypodium*

- 1 Sores à paraphyses longues de 200-1800 µm..... *P. cambricum*
- 1' Sores sans paraphyses, parfois à poils glanduleux de 3-4 cellules atteignant 140 µm..... 2
- 2 Ecailles du rhizome longues de 3-4 mm. Limbe ovale-lancéolé à largement triangulaire. Anneau brun-rougeâtre, formé de (7)11-14(18) cellules; cellules

- basales de l'anneau (0)1(2)..... *P. vulgare*
- 2' - Ecailles du rhizome longues de 4-6 mm. Limbe ovale-lancéolé à lancéolé. Anneau de couleur brune à marron jaunâtre, formé de (4)7-10(13) cellules; cellules basales de l'anneau (1)2-3(4)..... *P. interjectum*

Pteridaceae

- 1 - Plante annuelle ou pérennante des milieux constamment humides; prothalle se multipliant par bourgeonnement; limbe très mince, très polymorphe, arrondi-réniforme et ± digité dans les feuilles inf., ovale à oblong-lancéolé dans les suivantes, où il est 1-3 pinnatiséqué, obtus. Marges planes, ne recouvrant pas les sores.. *Anogramma leptophylla*
- 1' Plante à rhizome ± développé, généralement paléacé; feuilles à limbe 1-4-pinnatiséqué..... 2
- 2 Limbe densément villos et rubigineux dessous, lâchement villos et vert dessus, lancéolé, 1-3-pinnatiséqué; sores cachées par les poils..... *Cosentinia vellea*
- 2' Limbe glabre ou à face inférieure couverte d'écailles éparses ou de poils glanduleux; sores habituellement couvertes par la marge révoluée du limbe..... 3
- 3 Pétiole couvert abondamment d'écailles ferrugineuses linéaires- lancéolées. *Paragymnopteris marantae*
- 3' Pétiole non couvert d'écailles ferrugineuses..... 4
- 4 Pinnules pétiolulées, divisions ultimes flabelliformes et irrégulièrement lobées au sommet dans les sporophylles, obovales-cunéiformes, ± incisées-serrulées dans les feuilles stériles; nervures fines, plusieurs fois dichotomes, atteignant le bord du limbe au sommet des lobes et dents. Lobules marginaux sorifères carrés à réniformes, bruns. *Adiantum capillus-veneris*
- 4' Pinnules sessiles, subsessiles ou décurrentes; autres caractères non réunis 5
- 5 Pennes sessiles chez les feuilles 1-pinnatiséquées sessiles, à base inégalement cordée, pinnules des feuilles 2-pinnatiséquées à base décurrenente .. *Pteris*
- 5' Pinnules sessiles ou subsessiles, suborbiculaires à oblongues-lancéolées, face dorsale glabre, à quelques écailles hyalines éparses ou à poils glanduleux..... *Allosorus*

Pteris

- 1 Feuilles en touffe lâche ; pétiole jaune, brun rougeâtre à la base ; limbe à contour largement ovale, 3-pinnatiséqué à la base, 2-pinnatiséqué au milieu, pinnatiséqué au sommet; segments primaires ± opposés, ceux de la paire basale brièvement pétiolulés portant extérieurement 1-2 segments secondaires pinnatiséqués, les suivantes sessiles à base ± décurrenente, les supérieurs réduites à une pinnule et formant dans leur ensemble comme un segment terminal analogue aux latéraux; pinnules sessiles, décurrentes inférieurement, lancéolées subfalciformes, aiguës, serrulées; rachis portant à la base des nervures médianes des pinnules un prolongement sétiforme court souvent peu visible. Sores larges 0,75 mm, ne dépassant guère le milieu de la pinnule..... *P. incompleta*

- 1' Feuilles en touffe assez dense ; pétiole brun; limbe lancéolé, atténué à la base et au sommet, pinnatiséqué ; segments primaires \pm opposés ou alternes très nombreux, espacés, linéaires, longuement atténués au sommet, aigus, inégalement cordés et sessiles à la base, serrulés sauf au niveau des sores ; segment terminal un peu décurrent d'un côté. Sores larges 1-1,5 mm, occupant parfois les 3/4 et même les 4/5 de la longueur du segment fertile..... **P. vittata**

Allosorus

- 1 Rachis des feuilles couverts de poils glanduleux courts parfois en mélange avec d'autres plus longs. Limbe des feuilles à poils glanduleux courts sur la face dorsale **A. tinaei**
- 1' Rachis glabre à paléacé 2
- 2 Pétiole glabre, pourpre noir, en général plus long que le limbe; rachis noir, glabre ou les secondaires portant quelques poils glanduleux; limbe deltoïde, 3-4-pinnatiséqué ; pinnules sessiles, entières ou pinnatilobées, vertes et glabres dessus, couvertes dessous de poils rubigineux, articulés, glanduleux...
..... **A. hispanicus**
- 2 Pétiole glabre ou couvert d'écaillés, brun ou brun-rouge, plus court que le limbe ou l'égalant; rachis glabre ou écailléux; limbe ovale, ovale-lancéolé, ovale-oblong, oblong-lancéolé, 2-3-pinnatiséqué ... 3
- 3 Pétiole couvert d'écaillés \pm espacées, à la fin glabrescent; segments primaires de limbe pétiolulés. Rhizome couvert d'écaillé brunes **A. pteridioides**
- 3' Pétiole à écaillés abondantes au moins à sa base ; face inférieure du limbe glabre ou à écaillés hyalines. Rhizome couvert d'écaillés ferrugineuses 4
- 4 Pseudo-indusie large de 0,5-1 mm, subcontinue, parfois lobée et à lobules sub-rectangulaires; pétioles à écaillés abondantes seulement à sa base, rares dans la partie supérieure. **A. guanchicus**
- 4' Pseudo-indusie généralement large et discontinue, à marges profondément fimbriée; pétiole abondamment couvert d'écaillés sur toute sa longueur.....
..... **A. acrosticus**

Salviniaceae: Au Maroc un seul genre **Azolla**

- 1 Face supérieure des feuilles flottantes à poils formés de 2(3) cellules (voir au microscope). Lobe supérieur des feuilles flottantes presque pointu, à marge membraneuses étroite. Pousses à croissance compacte et plate à la surface de l'eau ... **A. cristata**
- 1' Face supérieure des feuilles flottantes à poils unicellulaires (voir au microscope). Lobe supérieur des feuilles flottantes obtus, à marge membraneuses relativement large. Pousses à croissance plus lâche, les sommets des tiges croissant au dessus de la surface de l'eau..... **A. filiculoides**

Selaginellaceae: Au Maroc, un seul genre **Selaginella**

- 1 Feuilles ovales-elliptiques, disposées en 4 rangées sur un même plan : les grandes en 2 rangées latérales, les petites en 2 rangées médianes.....
..... **S. denticulata**
- 1' Feuilles étroitement linéaires, aristées au sommet, alternes en spirales, semblables..... **S. balansae**

Thelypteridaceae

- 1 Feuilles à limbe ovale-lancéolé, 2-pinnatifide; pétiole portant à la base des écaillés brunes caduques et des poils blancs longs et courts; rachis couvert de poils blancs longs et courts... **Cyclosorus dentatus**
- 1' Feuilles à limbe lancéolé à oblong-lancéolé, 2-pinnatiséqué; pétiole et rachis glabres **Thelypteris** 2
- 2 Face inférieure du limbe jeune portant des poils et des glandes jaunâtres. Limbe 2-penné. Pinnules oblongues, entières ou faiblement denticulées, les fertiles à la fin à marge révoluée, devenant \pm deltoïdes **T. palustris**
- 2' Face inférieure du limbe portant des poils, parfois absents, des écaillés et des glandes sessile brillantes, rouges à oranges. Limbe 1-penné; pennes pinnatipartites à pinnatifides **T. interrupta**

Etats de présence et de conservation

A l'instar des autres pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée, le Maroc connaît sur presque l'ensemble de son territoire une très forte pression anthropozoogène sur la biodiversité : prélèvement de bois, défrichement, parcours, surexploitation des plantes aromatiques et médicinales... Concernant les Ptéridophytes, leur importance socio-économique étant presque insignifiante au niveau national, on peut dire que, dans l'ensemble et jusqu'à présent, elles ne font pas l'objet de menaces spécifiques directes, exceptions faites pour quelques espèces parfois exploitées pour des usages en médecine traditionnelle, comme : *Adiantum capillus-veneris*, *Asplenium ceterach*, *Asplenium scolopendrium*, *Dryopteris filix-mas*, *Equisetum ramosissimum*, *Polypodium cambricum*, *Pteridium aquilinum* et *Selaginella balansae* (Fennane & Rejdali 2016). Cependant, ce constat ne veut nullement dire que les fougères se portent bien au Maroc. Au contraire, elles sont certainement en régression. Il y a absence totale de données quantitatives concrètes à ce sujet, mais la tendance générale à la régression ne fait pas de doute, vu la grande vulnérabilité et la faible capacité de résilience des biotopes humides qui sont les lieux exigés par la plupart des espèces. La sécheresse et la dégradation par l'homme agissent directement et rapidement sur ces biotopes, et malheureusement ces deux facteurs prennent de plus en plus d'ampleur ces dernières décennies.

Dans un récent travail, nous avons estimé à 16 le nombre d'espèces menacées (catégories CR, EN et VU de l'IUCN) (Fennane 2016). Elles sont toutes rares, ou très rares, d'après les informations disponibles ; d'autres, peu connues, le seraient aussi. Dans ce qui suit, nous reprenons ce travail pour dresser un état des lieux sur les états de

présence et de conservation des fougères au Maroc.

Espèces communes, à large répartition géographique

Les connaissances actuelles sur les fougères du Maroc laissent prétendre que la moitié des espèces sont plus ou moins communes, sans menaces directes et effectives à court et moyen termes. Elles pourraient ainsi être classées dans la Catégorie **LC** («Least Concern» = Préoccupation mineure) de la Liste Rouge de l'UICN (Union Mondiale pour la Nature). Ces espèces sont les suivantes ; elles appartiennent à 12 familles différentes :

Aspleniaceae

Asplenium adiantum-nigrum L.
Asplenium ceterach L.
Asplenium obovatum Viv.
Asplenium petrachae (Guérin) DC.
Asplenium ruta-muraria L.
Asplenium scolopendrium L.
Asplenium trichomanes L.
Asplenium viride Hudson

Athyriaceae

Athyrium filix-femina (L.) Roth

Cystopteridaceae

Cystopteris fragilis (L.) Bernh.

Dennstaedtiaceae

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn

Equisetaceae

Equisetum ramosissimum Desf.
Equisetum telmateia Ehrh.

Isoëtaceae

Isoëtes histrix Bory
Isoëtes velata A. Braun

Marsileaceae

Marsilea strigosa Willd.

Ophioglossaceae

Ophioglossum lusitanicum L.
Ophioglossum vulgatum L.

Osmundaceae

Osmunda regalis L.

Polyodiaceae

Polypodium cambricum L.

Peridaceae

Adiantum capillus-veneris L.
Allosorus acrosticus (Balb.) Christenh.
Allosorus guanchicus (Bolle) Christenh.
Allosorus hispanicus (Mett.) Christenh.
Allosorus pteridioides (Reich.) Christenh.
Anogramma leptophylla (L.) Link
Cosentinia vellea (Aiton) Tod.

Selaginellaceae

Selaginella balansae (A. Braun) Heiron.
Selaginella denticulata (L.) Spring.

Cette fraction de la flore cryptogamique commune se rencontre dans toutes les divisions géographiques du pays et sur l'ensemble des tranches altitudinales depuis les basses plaines

jusqu'aux hautes montagnes. La plupart ont une large distribution mondiale, au moins méditerranéenne ; la seule exception est *Selaginella balansae*, endémique nationale.

Espèces rares ou menacées

Le cortège des fougères rares ou menacées au Maroc compte au moins 16 espèces qui pourraient être classées dans l'une des Catégories suivantes de la Liste rouge de l'IUCN : **CR** («Critically endangered» = En danger critique), **EN** (Endangered = En danger), **VU** (Vulnérable). Nous les présentons ci-après, avec un commentaire plus ou moins détaillé, extrait de notre travail Fennane (2016). Pour les abréviations des divisions géographiques, voir fig. 3.

***Asplenium aethiopicum* (Burm. f.) Becherer**

AA-2 (jbel Imzi et Adad Medni au NNE d'Anezi) [Benabid & Cuzin 1997]. Falaises quartzitiques très difficile d'accès, ce qui laisse l'espèce à l'abri de la dégradation anthropique. Les menaces probables proviendraient de l'aridification du climat. La zone d'occurrence fait partie de la Réserve de biosphère «Arganeraie» et du Site d'Intérêt Ecologique et Biologique d'Anezi, mais aucune mesure de conservation particulière n'existe sur le terrain.

***Asplenium marinum* L.**

Mam-2 (Cap Meddouza) Man-3 (Temara) LM (Melilia ; Gourougou) R-1 (Cap Spartel ; grottes d'Hercule). Falaises maritimes et sublittorales. Les informations sur la répartition géographique de cette espèce au Maroc sont très anciennes. Sachant que le littoral marocain est de plus en plus anthropisé, il y a de quoi être inquiet sur le sort de l'espèce, qui jusqu'à preuve du contraire doit être considérée en danger.

***Asplenium sagittatum* (DC.) Bange**

R (Bni Hosmar, Chaouène, Uad-el-Kannar [Mateos & Valdés 2009]) LM (piste Ahfir-Aïñ Almou) [Molero & Montserrat 2006]. Espèce rare, à aire très probablement en régression sous l'effet des sécheresses récurrentes, vu la nature particulière des habitats qui sont des rochers humides ombragés.

***Asplenium septentrionale* (L.) Hoffm.**

Les informations sur la répartition de cette espèce au Maroc proviennent du Catalogue des plantes du Maroc (Jahandiez & Maire 1932:5 et Emberger & Maire 1941:917) : HA sur rochers porphyriques (Rherhaya, vallée de l'açif Ouenkrim et adrar-n-Ouaraout ; Ourika) MA-3 (rochers

basaltiques dans les avens du plateau au dessus d'Azrou) R-2 (Tidighine). Depuis 1941, aucune information nouvelle n'a été publiée, même pas dans le Rif où les explorations floristiques ont été relativement importantes au cours des deux dernières décennies.

***Dryopteris filis-mas* (L.) Schott**

HA-3 (Adrar-n-Ouaraout ; Erdouz) R-1 (au NW de Tetouan) [Ennabili & Gharnit 2003] R-2 (j. Ighermalez ; Tidighine et monts des Ketama). Maire (1952) donne cette espèce très rare, et il est certain que la tendance générale pour ses habitats (ravins humides, ruisselets, humus forestier, fissures ombreuses des rochers) est à la régression ; la citation de Ennabili & Gharnit (2003) est la seule enregistrée depuis les années 1950.

***Polystichum aculeatum* (L.) Roth**

Présence rare sur des sommets du HA (Rherhaya; Glaoua; Ourika) et MA central (jbel Hayyan) ; signalé également dans le Rif, probablement par confusion avec *Polystichum setiferum*.

***Isoëtes durieui* Bory**

Espèce signalée au Maroc depuis longtemps, mais avec doute ; présence récemment confirmée dans le Rif occidental par Valdés et al. (2002) et Mateos & Valdés (2010).

***Isoëtes longissima* Bory**

Connue dans deux localités seulement : MA-3 (près d'Ito) (Maire 1952), subsp. *intermedia* (Trab.) Troia & Greuter ; Op-2 (N de Boumia) (Dobignard 2002), subsp. *adspersa* (A. Braun) Troia & Greuter. Le genre *Isoëtes* est peu étudié au Maroc, et il n'est pas exclu que d'autres localités pourraient être découvertes dans le futur. Dans tous les cas, l'espèce reste très menacée vu ses habitats (micro-lacs) fragiles, soumis à une forte pression anthropozoogène sous des conditions climatiques de plus en plus sèches.

***Isoëtes setacea* Lam.**

Mam-4 (Haouz ?) Man-3 (environs de Sidi Bettache; Maâmora?). Les informations sur la répartition de cette espèce au Maroc sont résumées et analysées par Titolet & El Oualidi (2000) et par Dobignard (2002) ; on en retient une présence confirmée dans la région Benslimane / Sidi Bettache et douteuse ailleurs dans le Haouz et le Gharb. Partout, ses habitats, réels ou potentiels (dayas temporaires ou permanents), subissent une très forte pression anthropique : surpâturage, drainage et pompage de l'eau, urbanisation, rejets de déchets domestiques et industriels...

***Isoëtes tiguliana* Gennari**

Man-3 (dayas aux environs de Benslimane et de Salé) (Maire 1952), mais pour Dobignard (2002), il sagirait plutôt de *I. setacea*; présent également au Tazekka (Valdés et al. 2002) et à Bab Taza dans le Rif occidental (Maire 1931) et (Mateos & Valdés 2009). Espèce très localisée, de milieux spécialisés (micro-lacs) très fragiles; seule la station du Rif est certaine, récemment confirmée (Mateos & Valdés *ibid.*)

***Marsilea minuta* L.**

Une seule citation au Maroc : Man-2 (basse vallée du Loukkos) (Mathez 1980a); la station signalée appartient à un ensemble de marais qui subissent une pression anthropique constamment croissante sous l'effet du drainage, de la modernisation du système agricole et de l'urbanisation.

***Pilularia minuta* Durieu**

Pour Fennane & Ibn Tattou (1998), cette espèce est très rare ; pendant plus de 50 années, elle était connue de 3 localités seulement: Tiflète, Rommani et Benslimane. En 2002, Valdés et al. la citent à «Tanger, W Rif, Zerhoun» sans détails. Plus tard, toujours au Maroc septentrional, des localités précises sont signalées (Mateos & Valdés 2009; Chambouleyron 2012). L'espèce reste rare, et surtout menacée, eu égard à ses habitats (dayas) très perturbés et affectés par le manque d'eau de plus en plus réel à l'échelle de l'ensemble du pays.

***Ophioglossum polyphyllum* A. Braun**

Anciennement citée dans Ms-3 (basse vallée de l'o. Noun ; El Aïoun du Drâa). Présence récemment confirmée dans la région d'El Aïoun du Drâa (Garcin 2016).

***Polypodium vulgare* L.**

Espèce signalée il y'a près d'un siècle sur le revers nord du massif du Toubkal ; une deuxième localité a été découverte dans le Rif (Kaâ Asrass) en 2003 par Mateos & Valdés. Selon Med-Checklist (Greuter et al. 1984), *P. vulgare* (s.l.) inclut trois espèces : *P. cambricum* L., *P. interjectum* Shivas et *P. vulgare* L.. La présence de l'espèce (s.s.) au Maroc est confirmée par la station du Rif ; celle du Toubkal mérite d'être vérifiée. Eu égard aux confusions possibles avec *P. cambricum*, il n'est pas impossible que *P. vulgare* L. existe ailleurs au Maroc.

***Pteris vittata* L.**

Signalée pour la première fois à l'état naturel par Sefanesco (1968) entre Tétouan et Sebta et entre Bouhamed et Jebha ; la première localité a été confirmée par Mathez (1980b). Avant ces dates, la plante était connue dès 1952 à Skhirate (SW

de Rabat) (Gattefossé 1952), mais probablement introduite. En 1997, elle a été rencontrée par Dobignard à Barga (SW de Larache). Récemment, après l'année 2000, d'autres localités ont été découvertes dans le Rif occidental (Dobignard 2002, 2009 ; Chambouleyron 2012). Dans l'ensemble, il s'agit de populations réduites, catonnées dans des micro-habitats humides (ruisseaux, rochers humides...).

***Thelypteris palustris* Schott**

Citée par Jahandiez & Maire (1931, 1934) dans la région de Larache (marais de Bou-Charen), sous le nom *Dryopteris thelyptris* (L.) A. Gray. En 1970, l'espèce est signalée par Mathez & Sauvage non loin de la ville, en allant vers Açilah. Au vu de ces données, et sachant que les zones humides de la région de Larache sont soumises à de fortes pressions anthropiques (parcours, urbanisation, pollution, drainage...), il y a à craindre que l'espèce soit très menacée si elle est encore présente.

Espèces insuffisamment connues

Selon nos investigations, le nombre de fougères peu, ou très peu connues au Maroc, s'élève à 22 espèces pour lesquelles le doute est plus ou moins fort sur leur présence, leur abondance ou bien sur leur statut (indigène ou exotique). Elles appartiennent à 10 familles différentes, dont les *Blechnaceae*, *Davalliaceae* et *Salviniaceae*. Ces trois familles méritent une attention particulière ; chacune est représentée chez nous, par un seul genre et une ou deux espèces, toutes mal connues.

Toutes les espèces concernées sont listées ci-après, avec des commentaires empruntés à notre travail, Fennane (2016).

***Asplenium anceps* Hook. & Grev.**

La présence et la valeur taxonomique de cette fougère restent à élucider au Maroc. Maire (1952) cite *Asplenium trichomanes* var. *anceps* sur le mont Hadid et dans le Grand Atlas, et jusqu'à présent, nous n'avons pas plus d'informations.

***Asplenium fontanum* (L.) Bernh.**

Maire (1959) signale cette espèce sur les rochers du HA-4 (Rhat, Mgoun, Aïoui) entre 2600 et 3500 m d'altitude. Depuis, on ne connaît pas plus ; ces mêmes informations sont reprises dans la littérature par beaucoup d'auteurs sans précisions, ni détails supplémentaires.

***Asplenium foreziense* Magnier**

Signalée au Maroc par Valdés et al. (2002) dans le Nord du pays, sans localités précises. Dobignard & Chatelain (2010) la donnent présente au Maroc

et en Algérie, mais cette présence est mise en doute par les mêmes auteurs dans la Base de données des plantes d'Afrique [PI_Afr] ! L'origine de l'information semble être Maire (1952) qui cite *Asplenium obovatum* var. *numidicum* en Algérie et au Maroc (Rif : Bni Hdifa et j. Outka), tout en faisant le rapprochement entre cette variété et *Asplenium lanceolatum* subsp. *foresiacum* (Legrand) Mattir. (synonyme de *A. foreziense* selon [EMBase]). A la lumière de ces seules informations disponibles, il est permis d'avoir des doutes sur la présence et la valeur taxonomique de cette fougère au Maroc.

***Asplenium hemionitis* L.**

Fennane & Ibn Tattou (1998) donnent cette espèce rare dans l'aire suivante : Man-3 (oueds Cherrat, Nefifikh, Akrech et N'kheila) LM-1 (Mellilia) R-1 (j. Kebir). Depuis, de nouvelles localités ont été signalées dans le Rif occidental et central [Ennabili & Gharnit 2003] [Mateos & Valdés 2009]. L'aire d'occupation de l'espèce reste mal connue, de même que les tendances de ses populations.

***Asplenium hispanicum* (Coss.) Greuter & Burdet**

Espèce présente dans au moins 5 divisions géographiques du Maroc : HA-4 (Ifrane près d'Azilal) MA-3 (Sefrou, Kebab, sources Oum-er-Rbiâ, entre Azrou et Ain Leuh) Man-1 (Zerhoun) Op-1 (région d'Ain Zorah) R-2 (Bab Rouida ; Talassemtane). L'espèce est calcicole, sciaphyle, se cantonne dans les fissures et poches terreuses des rochers entre environ 1000 et 1500 m. Elle ne semble pas être vraiment rare, mais ses habitats fragiles poussent à surveiller de près son évolution.

***Asplenium seelosii* Leybold**

Maire (1928) est l'auteur de la première annonce de cette espèce au Maroc : MA-2 (Lalla Oum el-Bent au Tichchoukt, fissures des rochers calcaires). Une 2^{ème} citation, dans le Haut Atlas cette fois, revient à Quézel (1951) : HA-4 (rochers calcaires, ça et là dans tout le massif du Rhat au dessus de 3000 m). Fennane & Ibn Tattou (2005) et Valdés *et al.* (2002) la donnent respectivement au Moyen Atlas oriental (Bou Nacer) et au Rif central, mais sans références bibliographiques précises.

***Blechnum spicant* (L.) Roth**

Jusqu'au début des années 1950, l'espèce était connue uniquement dans 4 localités : R-1-2 (jbel Kebir ; j. Outka ; j. Bou-Hachem ; cédraie de Bab Besen). Récemment, Ennabili & Gharnit (2003) et Chambouleyron (2012) ont publié de nouvelles stations, toujours dans cette même région, réparties sur les jbel Sougna, Bou-Hachem, Âlam et Khesana. L'espèce ne semble pas être vraiment

rare, mais ses habitats sont fragiles (ravins humides et bords de ruisselets), très sensibles au manque de pluies.

Davallia canariensis (L.) Sm.

Ms-3 (khneg Lehman) AA-2 (j. Imzi et Adad Medni au NNE d'Anezi) LM R-1-2. Rochers gréseux et troncs d'arbres des zones littorales et sublittorales. L'aire très disloquée de l'espèce et ses habitats soumis à une pression anthropique de plus en plus forte laissent supposer une tendance à sa régression.

Dryopteris affinis (Lowe) Fraser-Jenkins

Espèce signalée pour la 1^{ère} fois au Maroc en 1943 par Sauvage sous le nom *Dryopteris filix-mas* : MA-4 (oueds permanents dans la subéraie de Bab Azhar). En 1954, ce même auteur la reclasse sous *Dryopteris paleacea* (Sw.) Hand-Mazz. (synonyme de *D. borrieri*). En fait, cette espèce semble plutôt être *D. affinis* selon Greuter (1980). Fraser-Jenkins (1980) la signale au Maroc, mais sans localité précise, ni citation de spécimen d'herbier témoin. Présence confirmée par Carine *et al.* (2006) : Rif occidental (j. Bou-Hachem). Dans tous les cas, il s'agirait de localités en limite d'aire, uniques au Maroc et en Afrique.

Dryopteris borrieri (Newman) Oberh. & Tavel

Présence douteuse au Maroc (Greuter 1980; EMBase); seul Dobignard & Chatelain (2010) affirment sa présence, mais sans argument.

Polystichum lonchitis (L.) Roth

Une seule localité connue pour le Maroc : HA-4 (j. Rhat) (Quézel 1951) ; rien ne prouve que l'espèce est toujours présente. Dans tous les cas, il s'agit d'une station relictuelle, en limite d'aire, unique en Afrique.

Polystichum setiferum (Forssk.) Woynt

Cette espèce est indiquée dans le Moyen Atlas et le Rif, mais sans détails sur l'aire de répartition. Les seules informations, un peu précises, sont données par Sauvage (1943) dans le Tazekka (oueds permanents de la forêt de Bab Azhar) et parhel

Mateos & Valdés (2009) et Valdés (2013), quoique pour ces dernières il y a une confusion probable avec *P. aculeatum*.

Equisetum arvense L.

Citée par Sennen & Mauricio (1933) dans la région de Méllilia, mais pour Maire (1952), il s'agit d'une confusion avec *E. ramosissimum*. Présence jamais confirmée au Maroc.

Botrychium lunaria (L.) Swartz

HA R. Les connaissances sur cette espèce au Maroc n'ont pas évolué depuis plus d'un demi siècle ; ce sont celles du Catalogue des plantes du Maroc (Jahandiez & Maire 1931 ; Emberger & Maire 1941), reprises par la Flore de l'Afrique du Nord (Maire 1952). Quézel (1957) a apporté quelques détails en indiquant l'espèce dans 19 de ses relevés floristiques répartis entre les massifs de Tichka, Toubkal, Oukaimeden et Mgoun. Pour la population du Rif, au jbel Tidighin, aucune donnée récente n'apporte des précisions utiles malgré le nombre important de publications floristiques sur le Rif ces deux dernières décennies. Ecologiquement, l'espèce est présente sur les hauts sommets (2000-3500 m), où elle est liée à des pozzines, essentiellement sur substrats siliceux ; ces milieux très particuliers seraient en voie de régression, par insuffisance de pluies et de neige.

Polypodium interjectum Shivas

La seule citation au Maroc revient à Salvo *et al.* (1992) : R (Khemis Bni Arouss ; Bab Besen). L'espèce fait partie de l'aggrégat *Polypodium vulgare* différemment interprété au niveau spécifique (s.s.) suivant les auteurs. Des confusions sont toujours possibles ; d'ailleurs, la présence de *P. interjectum* au Maroc est mise en doute par Dobignard & Chatelain (2010) et (EMBase).

Allosorus tinaei (Tod.) Christenh.

Signalée au Maroc, sous le nom *Cheilanthes duriensis* Mendonça & Vasc., par Saenz de Rivas & Rivas-Martinez (1979), sans précision de localité, ni de spécimen d'herbier. Sans preuves concrètes, la présence de cette espèce chez nous reste à confirmer.

Paragymnopteris marantae (L.) K.H. Shing

Une seule localité connue au Maroc : R-2 (o. Damazine à l'est de Bou Hmed) (Sefanescio 1966); aucun autre auteur n'a confirmé sa présence. L'extinction de l'espèce à l'échelle régionale n'est pas impossible après que l'autre unique station d'Algérie n'a plus été retrouvée (Sefanescio 1966).

Pteris incompleta Cav.

La seule région au Maroc (Tangérois : jbel Kebir; Cap Spartel) où l'espèce a été signalée, est soumise à de très fortes pressions ces dernières décennies (urbanisation, déforestation...) ; il y a à craindre qu'elle n'y soit plus présente (Sefanescio 1968).

Azolla cristata Kaulf.

Présence douteuse au Maroc.

***Azolla filiculoides* Lam.**

Espèce non indigène ; naturalisée.

***Cyclosorus dentatus* (Forssk.) Ching**

Présence douteuse au Maroc.

***Thelypteris interrupta* (Willd.) K. Iwats.**

Signalé au Maroc, pour la 1^{ère} fois, par Jahandiez & Maire (1931) dans la région de Larache au nord de Lalla Mimouna, sous le nom *Dryopteris gongylodes* subsp. *propinqua* (R.Br.) C.Chr.. Valdés et al. (2002) l'ignorent en considérant qu'il s'agit d'une confusion avec *Thelypteris palustris* Schott., avis semble-t-il partagé par Dobignard & Chatelain (2010) qui mettent en doute la présence de l'espèce au Maroc.

Conclusion

La richesse, la diversité et les menaces concernant la flore ptéridophytique nationale sont dans l'ensemble méconnues. Les recherches systématiques et floristiques sur cette flore, un peu particulière, sont faibles, ce qui nourrit l'indifférence du grand public et des gestionnaires à son égard.

La valorisation, la protection et la conservation de notre patrimoine ptéridophytique ne peuvent pas réussir dans de telles conditions. Il y a encore beaucoup de travail à faire pour amener à un niveau raisonnable les connaissances sur ce patrimoine, notamment des points de vue constituants (familles, genres, espèces...), habitats et aires de répartition.

Selon l'état des lieux dressé dans le présent travail, il y a urgence pour entreprendre des actions de protection de certaines espèces sérieusement menacées. Ces opérations seraient possibles et envisageables au moins pour des localités cibles situées à l'intérieur des aires protégées actuelles : parcs, réserves...

Ce travail a été également l'occasion pour produire une nouvelle clé d'identification des fougères du Maroc, intégrant les progrès scientifiques enregistrés sur ce groupe depuis la publication de celle de Salvo & Ouyahya en 1999 dans la Flore pratique du Maroc.

Références

Benabid A. & Cuzin F. (1997). Populations de dragonnier (*Dracaena draco* L. subsp. *ajgal*) au Maroc: valeurs taxinomique, biogéographique et phytosociologique. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sci. de la vie* 320: 267-277.

Carine M.A., Rumsey F.J., Ait-Lafkih et al. (2006). New plant collections from the North Morocco checklist area. *Lagasalia* 26: 196-218.

Chambouleyron M. 2012. Contribution à la connaissance de la flore de la Péninsule Tingitane (Maroc). *Lagasalia*

32: 35-227.

Dobignard A. & Chatelain C. (2010). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord. Volume 1. Edit. Conserv. Jardin Bot. de Genève.

Dobignard A. 1997. Nouvelles observations sur la flore du Maroc. 3. *Candollea* 52: 119-157.

Dobignard A. (2002). Contributions à la connaissance de la flore du Maroc et de l'Afrique du Nord. Nouvelle série I. *J. Bot. Soc. Bot. France* 20: 5-43.

Dobignard A. (2009). Contributions à la connaissance de la flore du Maroc et de l'Afrique du Nord, Nouvelle série 2. La flore du Nord-Maroc. *J. Bot. Soc. Bot. France* 46-47: 3-136.

EMBase (accès, avril 2017). Base de données EuroMed Plant Base. <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/query.asp>

Emberger L. & Maire R. (1941). Catalogue des plantes du Maroc. Tome 4. Minerva, Alger.

Ennabili A. & Gharnit N. (2003). Checklist and diversity of wetland flora (Pteridophyta and Spermatophyta) from the Mediterranean Morocco. *Lagasalia* 23: 7-25.

Fennane M. & Ibn Tattou M. (2005). Flore vasculaire du Maroc : Inventaire et chorologie. Vol. 1. *Trav. Inst. Sci., Rabat, Sér. Botanique* n° 37. 483 p.

Fennane M. & Ibn Tattou M. (2012). Statistiques et commentaires sur l'inventaire actuel de la flore vasculaire du Maroc. *Bull. Inst. Sci., Série Sc. Vie*, 34: 1-9. Rabat.

Fennane M. & M. Rejdali (2016). Aromatic and medicinal plants of Morocco: Richness, diversity and threats. *Bull. Inst. Sci., Rabat, Sc. Vie*, 38: 13-28.

Fennane M. (2016). *Eléments pour un Livre rouge de la flore vasculaire du Maroc*. Fasc. 1: Pteridophyta (version 1). Edit. Tela-Botanica, 16 p.

Fraser-Jenkins C.R. (1980). *Dryopteris affinis*: a new treatment for a complex species in the European Pteridophyte flora. *Willdenowia* 10: 107-115.

Garcin A. (2016). La vallée inférieure de l'oued Drâa: Joyau phytogéographique et floristique du Sud-Ouest marocain. *Bull. Inst. Sci., Rabat, Sc. Vie* 38: 1-12.

Gattefossé J. (1952). Contribution à la connaissance de la flore du Maroc. Fasc. III. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc* 32: 53-59.

Greuter W. (ed.), (1980). Med-Checklist Notulae 1. *Willdenowia* 10: 13-21.

Greuter W., Burdet H.M. & Long G., (eds). (1984). Med-Checklist : Inventaire critique des plantes vasculaires des pays circum-méditerranéens. Vol. 1. Edit. Conserv. et Jard. Bot. de Genève.

IUCN (Union Mondiale pour la Nature). Site web RedList (accès, avril 2017). <http://www.iucnredlist.org>

Jahandiez E. & Maire R. (1931). *Catalogue des plantes du Maroc*. Tome 1. Imprimerie Minerva, Alger.

Maire R., (1928). Contributions à l'étude de la flore de l'Afrique du Nord. Fasc. 13. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc* 8: 128-143.

Mateos M.A. & Valdés B. (2003). Nuevas especies para el N de Marruecos I. *Lagasalia* 23: 173-176.

Mateos M.A. & Valdés B., (2009). Catálogo de la flora vascular del Rif occidental calizo (N de Marruecos). I. Selaginellaceae - Rosaceae. *Lagasalia* 29: 105-257.

Mathez J. (1980a). *Marsilea minuta* L. In Greuter (ed.).

- Med-Checklist Notulae 1. *Willdenowia* 10: 13-21.
- Mathez J. (1980b). *Pteris vittata* L. In Greuter (ed.). Med-Checklist Notulae 2. *Willdenowia* 10: 227-232.
- PI_Afr. (accès, avril 2017). Base de données des Plantes d'Afrique. <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/index.php?>
- PI_List (accès, avril 2017). The Plant List : A working list of all plant species. <http://www.theplantlist.org/>
- PPGI, (2016). A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *J. Syst. Evol.* 54(6) : 563-603.
- Quézel P. (1951). Contribution à la flore du Grand Atlas oriental. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc* 31: 253-264.
- Quézel P. (1957). *Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord*. Lechevalier, Paris, 463 p.
- Saenz de Rivas C. & Rivas-Martinez S., (1979). Revision del genero *Cheilanthes* en Espana. *Lagascalia* 8(2): 215-241.
- Salvo A.E. & Ouyahya A. (1999). Pteridophyta. In Fennane M., Ibn Tattou M., Mathez J., Ouyahya A. & El Oualidi J. (eds.). Flore Pratique du Maroc. Vol. 1. *Trav. Inst. Sci. Rabat, Sér. Bot.* 36: 28-56.
- Salvo A.E., Márquez A.L., Pérez Latorre A., Nieto Caldera J.M. & Cabezudo B. (1992). Contribución a la flora pteridofítica de Marruecos 23. *Acta Bot. Malacitana* 17: 287-290.
- Sauvage Ch. (1943). Annotations au Catalogue des plantes du Maroc. Fasc. 1. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc* 23: 127-140.
- Sauvage Ch. (1954). Principaux résultats de l'excursion marocaine du VIII^{ème} Congrès international de botanique. C. R. Soc. Sc. Nat. Maroc, tome 20. *Comptes rendus 1954*, n° 8: 194-195.
- Sennen F. & Mauricio (1933). *Catálogo de la flora del Rif Oriental*. Gráficas la Ibérica Marina, Melilla, 159 p.
- Stefanescu E. (1966). Espèces nouvelles pour la flore du Maroc: *Sphagnum amblyphyllum* Russ. et *Notholaena marantae* (L.) R. Br. *Al Awamia* 21: 125-126. INRA, Rabat.
- Stefanescu E. (1968). Espèce nouvelle pour la flore marocaine : *Pteris longifolia* L. *Al Awamia* 27: 140. INRA, Rabat.
- Titolet D. & El Oualidi J. (2000). *Isoetes setacea* Lam. / *I. velata* subsp. *adspersa* (A. Braun) Batt. & Trabut. *Acta Bot. Malacitana* 25: 252-253.
- Valdés B. (2013). Checklist of the vascular plants collected during the fifth «Iter Mediterraneum» in Morocco, 8-27 June 1992. *Bocconeia* 26: 13-132.
- Valdés B., Rejdali M., Achhal A. et al. (eds), (2002). *Catalogue des plantes vasculaires du Nord du Maroc, incluant clés d'identification*. Vol. 1. CSIC. Madrid.

Dos especies nuevas de *Phlegmariurus* Holub (Lycopodiaceae) para Costa Rica

Alexander Francisco Rojas-Alvarado y Rafael Rolando Calderón-Fallas

Universidad Nacional de Costa Rica.
Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica.

Correspondencia

A. F. Rojas-Alvarado

e-mail: alfrojasa@yahoo.com

Recibido: 20 junio 2017

Aceptado: 11 septiembre 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

Dos especies nuevas de *Phlegmariurus* Holub, *P. gracilis* A. Rojas y *P. nanus* A. Rojas & R. Calderón, son descritas aquí. Ellas pertenecen al complejo *P. reflexus*. La primera se caracteriza por hojas en verticilos alternos de 4 o 5 y estas con el margen entero o dispersa y cortamente dentado. La segunda corresponde a un taxón con tallos bastante pequeños (6–11 cm de largo) y simples a 1–dicotomos, y las hojas con cilios largos y dispersos marginalmente.

Palabras clave: *Huperzia*, Lycopodiophyta, licofitos, nuevos taxones, *Phlegmariurus*.

Abstract

Two new species of Phlegmariurus Holub (Lycopodiaceae) from costa rica

Two new species of *Phlegmariurus* Holub, *P. gracilis* A. Rojas and *P. nanus* A. Rojas & R. Calderón, are here described. They belong to the *P. reflexus* complex. The first is characterized by alternating leaves in whorls of 4 or 5 with entire or sparsely dentate margins. The second is distinguished by small (6–11 cm long) and simple to 1-dichotomous stems, and leaf margins sparsely long-ciliate.

Key words: *Huperzia*, Lycopodiophyta, lycophytes, new taxa, *Phlegmariurus*.

Introducción

Moran (2011), en su clave para Lycopodiopsida, indica como características de la familia Lycopodiaceae la homosporia, hojas no liguladas y raíces sin un canal aéreo central.

Lellinger (1989), asumió en su tratamiento para Costa Rica, Panamá y El Chocó sólo el reconocimiento de *Lycopodium* L. con los subgéneros: *Cerniustachys* Herter, *Lycopodium* y *Selago* Baker. Øllgaard (1995) utilizó para Mesoamérica la clasificación que divide a la familia en tres géneros: *Huperzia* Bernh., *Lycopodiella* Holub y *Lycopodium* L.

Para Norteamérica, Wagner y Beitel (1992) utilizan *Phlegmariurus* Holub, *Huperzia*, *Lycopodium*, *Diphasiastrum* Holub,

Pseudolycopodiella Holub, *Lycopodiella* Holub y *Palhinhaea* Franco & Vasc. dándole validez al trabajo realizado por Holub (1983). En contraste, para el Neotrópico, es hasta que Øllgaard (2012a y 2012b) hace las combinaciones de las especies a estos otros géneros reconocidos previamente.

Phlegmariurus fue acuñado por Holub (1964) en sustitución de *Lycopodium* sect. *Phlegmariurus* Herter, este último creado en 1909. Según la clave de géneros por Arana & Øllgaard (2012), *Phlegmariurus* difiere de *Huperzia* por plantas sin bulbillos, esporas con lados convexos o ± planos en el ecuador y ángulos obtusos o agudos.

Recientemente son pocos los aportes para Costa Rica que incluyen nuevos registros o taxones en Lycopodiaceae. Øllgaard (1993) publicó dos especies nuevas de *Huperzia* y

combinó otro taxón, de estos dos corresponden actualmente a *Phlegmariurus*. Øllgaard (1995) registra 34 especies de *Huperzia* en Costa Rica, de las cuales tres son endémicas. Rojas (1996) registró una especie de *Lycopodiella* para este país. Rojas (2005) publicó una especie nueva de *Huperzia* y registró dos más para esta nación, de ellas la especie nueva y un registro corresponden actualmente a *Phlegmariurus*.

Øllgaard (1988, 1995) mencionó que *Huperzia reflexa* (Lam.) Trevis. (= *Phlegmariurus reflexus* (Lam.) B. Øllg.) es variable en caracteres como hoja y tamaño del tallo, dirección y agrupamiento de las hojas y margen de la hoja. Pero varias formas distintivas pueden estar creciendo entremezcladas en el mismo hábitat, indicando que existen diferencias genéticas.

Según la clave de *Huperzia* propuesta por Øllgaard (1995), *H. reflexa* difiere de *H. eversa* (Poir.) B. Øllg. por presentar vástagos generalmente 7–15 mm de ancho (incluyendo las hojas); hojas generalmente 4–8 mm, en verticilos alternos de 7 u 8, linear-subuladas y rectas a marcadamente recurvadas. El autor también indica que es una especie neotropical y que junto con *H. eversa* y *H. chamaleon* forma un complejo que incluye cuatro o más elementos en Mesoamérica que requieren de más estudio.

El objetivo del presente trabajo es publicar bajo el estatus de especie a dos taxones previamente detectados por Øllgaard (1995) dentro del complejo *H. reflexa* (= *Phlegmariurus reflexus* (Lam.) B. Øllg.).

Materiales y métodos

En la presente investigación se describen dos especies nuevas de *Phlegmariurus* para Costa Rica, con base en el siguiente acervo bibliográfico de Lycopodiaceae neotropicales: Holub (1983), Lellinger (1989), Øllgaard (1987, 1988, 1992, 1993, 1995, 2012a y 2012b), Rojas (1996 y 2005). Además, se revisaron los especímenes del Herbario Nacional de Costa Rica (CR) y del herbario de la Universidad de Costa Rica (USJ).

Resultados

Phlegmariurus gracilis A. Rojas, sp. nov. (fig. 1).

TIPO: COSTA RICA. **Limón:** Cordillera de Talamanca, Atlantic slope, S side of unnamed cordillera between the Río Terbi and Río Siní, 2–4 airline km W of the Costa Rican-Panamanian border, 9°09–11'N, 82°57–58'W, 2300–500 m, 11 Sep 1984, G. Davidse et al. 28959 (holotipo: CR, 109070; isotipo: MO).

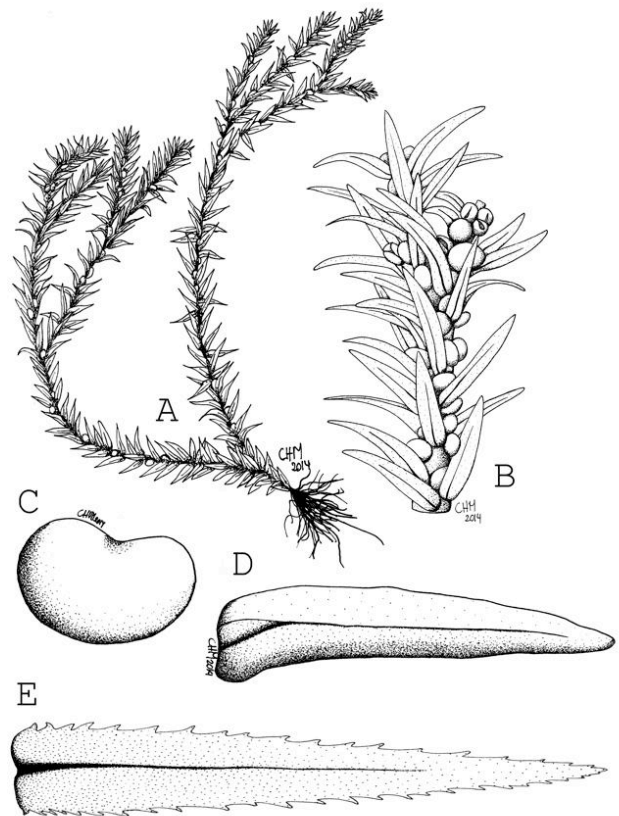


Figura 1: Dos especies parecidas de *Phlegmariurus*: **A–D.** *P. gracilis* (G. Davidse et al. 28959, CR). **A)** Hábito. **B)** Detalle de la planta. **C)** Esporangio. **D)** Hoja. **E.** Hoja de *P. reflexus* (W. Haber & W. Zuchowski 9074, CR). **Figure 1:** Two similar species of *Phlegmariurus*: **A–D.** *P. gracilis* (G. Davidse et al. 28959, CR). **A)** Habit. **B)** Plant detail. **C)** Sporangium. **D)** Leaf. **E)** Leaf of *P. reflexus* (W. Haber & W. Zuchowski 9074, CR).

Diagnosis. *Phlegmariurus gracilis* differs from *P. reflexus* (Lam.) B. Øllg. by broader leaves [0.8–1.5 mm wide vs. 0.5–1.0 (–1.2) mm], these in whorls of 4 or 5 [vs. (6–) 7–8 (–9)] and with margins entire to sparsely and shortly dentate (vs. commonly densely dentate).

Descripción. Terrestres o epilíticas, a orillas de riachuelos y escorrentías; plantas 4,5–13 cm de largo, 2–3–dicotómicas, generalmente arqueadas, individuales o formando pequeñas poblaciones; vástagos 6–12 mm de ancho incluyendo las hojas, casi del mismo ancho en toda su extensión, homófilos; tallos 0,8–1,5 mm de diámetro (hasta 3 mm con esporangios), crestados por las bases decurrentes de las hojas; hojas 3–5 × ca. 1 mm, dispuestas en verticilos irregulares alternos de 4–5, linear-lanceoladas, más anchas justo por encima de la base, levemente ascendentes (a veces reflexas cuando secas), rectas a recurvadas,

herbáceas a cartáceas, el haz cóncavo cerca de la base y plano o convexo en la parte media y ápice, el envés aplanado o escasamente cóncavo a convexo, con una nervadura inconspicua, pálida abaxialmente (al menos en la base), los márgenes aplanados a levemente revolutos, enteros a corta y esparcidamente dentados, los dientes menos de 0,1 mm de largo, hialinos, ascendentes hasta en ángulo de 70° con la costa; base de las hojas a menudo decurrente, ápice agudo; esporangios 1–1,5 mm de ancho.

Distribución. Costa Rica, conocida sólo de la Cordillera de Talamanca; bosques montanos, 2300–2900 m.

Etimología. El epíteto específico hace referencia a los tallos delgados con pocas hojas por verticilo.

Especímenes adicionales revisados. COSTA RICA. **Cartago–San José:** Cerro de La Muerte, entre Villa Mills y División, Carretera Panamericana Sur, 2900 m, 26 feb 1965, A. Jiménez 2980 (CR, 46428, F). **San José:** S of Cartago, ca. 1 km S of El Empalme along the Interamerican Hwy., 2400 m, 16 Jul 1970, D. Lellinger & J. White 1202 (CR, 52138, US).

Phlegmariurus nanus A. Rojas & R. Calderón, *sp. nov.* (fig. 2)

TIPO: COSTA RICA. **Heredia:** Heredia, Varablanca, orillas de la carretera rumbo a Sarapiquí, 10°09'37"N, 84°09'21"W, 1925 m, 29 set 2013, A. Rojas & M. Obando 10517 (holotipo: CR; tres especímenes por distribuir).

Diagnosis. *Phlegmariurus nanus* differs from *P. reflexus* (Lam.) B. Øllg. by single (vs. clustered) stems, shorter, simple to 1-dichotomous (vs. 2–5–dichotomous), and leaves longer (0.1–0.3 mm vs. 0.05–0.15 mm) with margins sparsely ciliate (vs. dentate).

Descripción. Terrestres, completamente erectas, en individuos solitarios, pero comúnmente varias plantas en el mismo sitio; plantas 6–11 cm alto, simples a 1-dicotómicas; tallo 10–15 mm ancho (incluyendo las hojas), casi del mismo ancho en toda su extensión, homófilos; tallos 1–2 mm de diámetro (hasta 4 mm con esporangios), crestados por las bases decurrentes de las hojas; hojas (3–) 5–8 × 0,7–1 mm, dispuestas en verticilos irregulares alternos de 6–7, linear–subuladas, más anchas justo por encima de la base, levemente ascendentes a patentes (a veces reflexas cuando secas), rectas a levemente recurvadas, herbáceas a cartáceas, haz cóncavo cerca de la base y

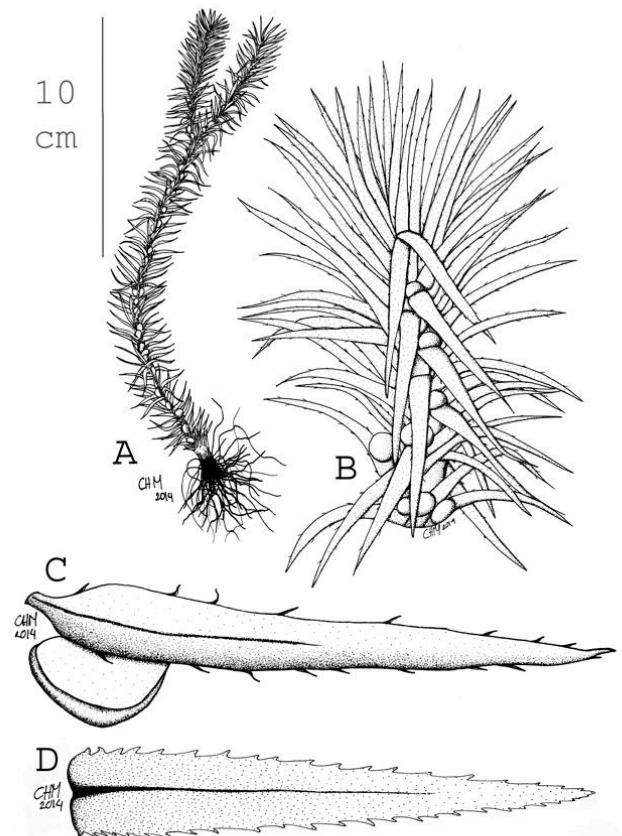


Figura 2: Dos especies parecidas de *Phlegmariurus*: **A–C.** *P. nanus* (A. Rojas & M. Obando 10517, CR). **A)** Hábito. **B)** Detalle de la planta. **C)** Hoja. **D)** Hoja de *Phlegmariurus reflexus* (W. Haber & W. Zuchowski 9074, CR). **Figure 2:** Two similar species of *Phlegmariurus*: **A–C.** *P. nanus* (A. Rojas & M. Obando 10517, CR). **A)** Habit. **B)** Plant detail. **C)** Leaf. **D)** Leaf of *Phlegmariurus reflexus* (W. Haber & W. Zuchowski 9074, CR).

plano o convexo en la parte media y ápice, envés aplanado o escasamente cóncavo a convexo, con una nervadura inconspicua, pálida abaxialmente (al menos en la base), márgenes aplanados a levemente revolutos, esparcidamente ciliados (más densamente en la base), cilios 0,1–0,3 mm de largo, hialinos, perpendiculares a ascendentes hasta en ángulo de 45° con la costa; base de las hojas a menudo decurrente, ápice largamente agudo; esporangios 1–2 mm de ancho.

Distribución. Costa Rica, conocida solo de la Cordillera Central, bosques nubosos y estacionales, 1550–2100 m.

Etimología. El epíteto específico hace referencia a los tallos pequeños.

Especímenes adicionales revisados. COSTA RICA. Alajuela: camino entre Ciudad Quesada y Zarcero,

5 abr 1958, *M. Álvarez* 40 (CR, 38966); Cinco Esquinas de Carrizal, 800 varas antes del Pueblo, 11 abr 1958, *M. Álvarez* 56 (CR, 38969); camino al Volcán Poás, 1950 m, 22 jun 1958, *M. Álvarez* 63 (CR, 38971). Cartago: entre Volcán Irazú y Hotel Robert, 18 jun 1958, *R. Rodríguez* & *A. Jiménez* 158 (CR, 37060). Heredia: Camino al Volcán Barva, 1990 m, 23 sep 1958, *M. Álvarez* 113 (CR, 38987); ibídem, 1900 m, 23 sep 1958, *M. Álvarez* 117 (CR, 38990); Santa Bárbara, Santo Domingo, subiendo de Cinco Esquinas, lado Oeste de Volcán Barva, orilla de calle de tierra, 10°07'20»N, 84°06'45»W, ca. 2100 m, 3 dic 2014, *A. Rojas* & *I. Chinchilla* 10878 (CR, USJ); San Rafael, Los Ángeles, camino a Cerro Chompipe, 10°04'45»N, 84°04'37»W, 2000 m, 28 set 2013, *A. Rojas* et al. 10516 (CR). San José: Coronado, Cascajal, finca de Mario Echandi, 10°00'47»N, 83°57'09»W, 1730 m, 26 oct 2014, *M. Pérez* 103 (USJ); camino a Cascajal de Coronado, 28 jul 1957, *A. Jiménez* 26 (CR); San Ramón de tres Ríos, 20 feb 1959, *R. Rodríguez* 597 (CR, 36708).

Discusión

Phlegmariurus gracilis difiere de *P. reflexus* por hojas en verticilos alternos de 4 ó 5 [vs. (6–)7–8(–9)], éstas más anchas [0,8–1,5 mm ancho vs. 0,5–1,0 (–1,2) mm], y con el margen entero o disperso y cor-tamente dentado (vs. densamente dentado (fig. 1).

Øllgaard (1995) citó cinco especímenes: *Holm & Iltis* 174, MO; *Maxon & Harvey* 8454, UC, US; *Davidse* et al. 28959, MO; *Jiménez* 2980, F y *Lellinger* 1202, US; como un taxón que probablemente amerita reconocimiento taxonómico. Al igual que el espécimen *D. Lellinger* 1202 (CR, US), probablemente los otros especímenes también correspondan a *Phlegmariurus gracilis*, la especie que se describe aquí.

Phlegmariurus nanus difiere de *P. reflexus* por tallos más cortos [5–11 cm vs. 10–30 (–40) cm] y simples a 1–dicotómicos (vs. 2–5–dicotómicos), hojas dispersamente ciliadas (vs. dentadas) y cilios 0,1–0,3 mm (vs. 0,05–0,15 mm largo) (fig. 2).

Phlegmariurus nanus crece en paredones húmedos y márgenes de escorrentía en áreas abiertas, en tanto que *P. reflexus* crece en cualquier paredón o zona medianamente abierta y no tan húmeda, a menudo mezclado con otra vegetación; siendo que esta segunda especie tiene un mayor tamaño, resiste más la competencia con otras plantas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) y al Sistema Nacional de

Áreas de Conservación (SINAC). También agradezco al Herbario Nacional de Costa Rica (CR) por el préstamo de material y el espacio para revisar los especímenes, a Christian Herrera Martínez por sus excelentes ilustraciones, a Rolando Calderón Fallas por su colaboración en la búsqueda de material, a los revisores anónimos por sus recomendaciones que ayudaron a mejorar este artículo y a todos aquellos que, en una forma o en otra, ayudaron a la realización de este proyecto.

Referencias

- Arana, M. D. y Øllgaard, B. (2012). Revisión de las Lycopodiaceae (Embryopsida, Lycopodiidae) de Argentina y Uruguay. *Darwiniana*, 50, 266–295.
- Holub, J. (1964). *Lycopodiella*, nový rod radu Lycopodiales. *Preslia*, 36, 17–21.
- Holub, J. (1983). Validation of generic names in Lycopodiaceae: with a description of a new genus *Pseudolycopodiella*. *Folia Geobot. Phytotaxa*, 18, 439–442.
- Lellinger, D. B. (1989). *The ferns and fern-allies from Costa Rica, Panama, and the Chocó. Part I. Pteridologia* 2A.
- Moran, R. C. (2011). *Géneros neotropicales de helechos y licófitas, una guía para estudiantes*. Organización para estudios tropicales. San José, Costa Rica. 407 p. (Manual fotocopiado).
- Øllgaard, B. (1987). A revised classification of the Lycopodiaceae. *Opera Botanica*, 92, 153–178.
- Øllgaard, B. (1988). Lycopodiaceae. In: Harling, G. & L. Anderson (eds.). *Flora of Ecuador*, 33, 1–155.
- Øllgaard, B. (1992). Neotropical Lycopodiaceae – an overview. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 79, 687–717.
- Øllgaard, B. (1993). Two new Mesoamerican species and a new combination in *Huperzia* (Lycopodiaceae). *Novon*, 3, 67–72.
- Øllgaard, B. (1995). Lycopodiaceae. In: Moran, R.C. & R. Riba (eds.). *Flora Mesoamericana. Vol. 1. Psilotaceae a Salviniaceae*. México Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México. p. 5–22.
- Øllgaard, B. (2012a). Short communication: Nomenclatural changes in Brazilian Lycopodiaceae. *Rodriguésia*, 63, 479–482.
- Øllgaard, B. (2012b). New combinations in Neotropical Lycopodiaceae. *Phytotaxa*, 57, 10–22.
- Rojas, A. F. (1996). Aportes a la Flora Pteridophyta Costarricense. I. Informes. *Brenesia*, 45–46, 1–6.
- Rojas, A. F. (2005). Novedades en *Huperzia* Berhh. (Lycopodiaceae) de Costa Rica. *Lankesteriana*, 5, 109–113.
- Warner, W. H. & Beitel, V. (1992). Generic classification of modern north American Lycopodiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 79, 676–686.

Fase gametofítica de las tres variedades de *Argyroschoma nivea* (Pteridaceae)

Olga G. Martínez¹ & Marcela A. Hernández²

¹Facultad de Ciencias Naturales-IBIGEO (CONICET), Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, 4400 Salta, Argentina.

²Fundación Miguel Lillo, M. Lillo 251, T4000JFE Tucumán, Argentina

Correspondencia

O.G. Martínez

e-mail: martinezog@gmail.com

Recibido: 1 julio 2017

Aceptado: 14 septiembre 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

La finalidad de este trabajo es describir características de la fase gametofítica de *Argyroschoma nivea* con el objeto de caracterizar esta fase del ciclo de vida y aportar evidencias a las relaciones entre las tres variedades de la especie (var. *flava*, var. *nivea*, y var. *tenera*). Para ello se consideraron cantidad de esporas por esporangio, tamaño de las esporas y se obtuvieron los gametofitos mediante cultivos en medios estériles. Se realizaron observaciones mediante microscopía de luz y electrónica de barrido. Se encontró que las tres variedades presentan 32 esporas por esporangio, comparten idéntico patrón de germinación, desarrollan gametofitos cordiformes asimétricos, y su reproducción es apogámica, de tipo obligada en las var. *nivea* y *tenera*. Los esporofitos de la var. *flava* desarrollan tricomas secretores de farina de color blanco sobre toda la superficie.

Palabras clave: Ambientes xéricos, farina, gametofitos, cheilantoideos.

Abstract

Gametophytic phase of the three varieties of Argryroschoma nivea (Pteridaceae).

The purpose of this work is to describe the gametophytic phase of *Argyroschoma nivea* in order to characterize this phase of the life cycle and provide evidence for the relationships between the three varieties (var. *flava*, var. *nivea* and var. *tenera*). For this, spores were considered by sporangium, size of spores, and gametophytes were obtained by culture in sterile media. Observations were made using light microscopy and scanning electron microscopy. It was found that the three varieties present 32 sporangia spores, share the same germination pattern, develop asymmetric cordiform gametophytes, and their reproduction is apogamic, obligatory type in var. *nivea* and *tenera*. The sporophytes of var. *flava* develop glandular trichomes excretors white farina over of surface.

Key words. Farina; gametophyte; xeric environments, cheilanthoid.

Introducción

El género *Argyroschoma* (J. Sm.) Windham, de origen americano y según Sigel et al. (2011) monofilético, reúne unas 20 sp., estos helechos constituyen parte de la diversidad de los helechos cheilantoides de la familia Pteridaceae, son plantas

de ambientes xéricos a estacionalmente xéricos (Tryon et al., 1990; Windham, 1987). La especie *Argyroschoma nivea* con sus tres variedades (var. *flava*, var. *nivea* y var. *tenera*) crece en Sudamérica subtropical y las variedades se identifican por la ausencia de ceras o "farinas" en la var. *tenera*, y presencia de farina blanca en la var. *nivea* o

amarilla en la var. *flava* (Ponce, 2016). Estas plantas saxícolas crecen entre las rocas, en sus grietas o sobre rocas cubiertas de líquenes.

Una de las adaptaciones de estas plantas es el exudado de farinas presentes en la superficie abaxial de la lámina donde son producidas por tricomas glandulares, proporcionando a las plantas protección contra la luz solar intensa y baja humedad, además reducen el movimiento del aire sobre la epidermis. Cuando la desecación del ambiente es prolongada, las láminas se envuelven sobre la superficie adaxial dejando expuesta la epidermis con harina (Hevly, 1963; Wollenweber, 1984).

En la taxonomía de los helechos, la información palinológica contribuye a la delimitación de los diferentes grupos, no solo la estructura y ornamentación de las esporas otorgan información relevante, sino también el tamaño de las esporas y la cantidad de esporas por esporangio, caracteres asociados a la poliploidía y al tipo de reproducción sexual o apogámica (Knobloch, 1966; Tryon & Tryon, 1982; Tryon & Lugardon, 1991). Estudios palinológicos realizados en *A. nivea* caracterizan a la ornamentación de las esporas por su exosporio psilado y perisporio crestado o crestado-reticulado (Tryon & Lugardon, 1991; Morbelli et al., 2001). Las dimensiones de las esporas difieren entre las variedades y aún en la misma variedad, la var. *nivea* y var. *tenera* registran las mayores dimensiones (Hernández et al., 2015; Morbelli et al. 2001).

Algunos aspectos morfológicos de los gametofitos de *Argyroschoma* fueron descritos por Woronin (1907), Nayar & Bajpai (1963) y Gabriel y Galán (2011) este último autor, aunque no indica la variedad de *A. nivea* estudiada, podría referirse a la var. *nivea* por la descripción morfológica que realiza sobre el esporofito; los mismos autores citan a la reproducción apogámica como frecuente en el género. La apogamia permite acortar el período de tiempo entre la espóra y el esporofito (Gastony & Windham, 1989). Este tipo de reproducción en general se presenta en plantas que habitan en ambientes con marcada estacionalidad, especialmente de ambientes xéricos, y facilita el cierre de su ciclo de vida en corto período de tiempo ante condiciones extremas por falta de agua.

Este trabajo tiene la finalidad de describir características de la fase gametofítica con el objeto de caracterizar esta fase del ciclo de vida de *Argyroschoma nivea* y aportar evidencias a las relaciones entre las tres variedades de la especie.

Materiales y métodos

Los ejemplares utilizados para este trabajo

proviene de Argentina, según se detalla a continuación: *Argyroschoma nivea* var. *flava*. Salta. Dpto. Guachipas, Cebilar, 04-02-10, Leg. Hernández et al. 1133 (LIL); 22-11-10, Leg. Hernández et al. 1260 (LIL). Tucumán. Dpto. Trancas, Vipos, 05-06-12, Leg. Delgado 90 (LIL); Norte de Trancas (límite con el Tala), 06-04-2013, Leg. Delgado 404 (LIL).

Argyroschoma nivea var. *tenera*. Salta. Dpto. Cachi. Quebrada de Escoipe, 20-05-10, Leg. Hernández et al. 1300 (LIL). Tucumán. Tafi del Valle, Infiernillo, 10-04-2015, Leg. Hernández et al. 3471 (LIL). Dpto Trancas, Hualinchay, camino a Lara, 16-12-11, Leg. Hernández et al. 2084 (LIL).

Argyroschoma nivea var. *nivea*. Salta. Dpto. Guachipas, Cebilar, 22-11-10, Leg. Hernández et al. 1261 (LIL). Tucumán. Tafi del Valle, Infiernillo, Leg. Hernández et al. 3470 (LIL). Jujuy. Dpto. Tilcara, Tilcara, 18-05-2012, Leg. Hernández et al. 2522 (LIL).

Para determinar la cantidad de esporas por esporangio, se consideraron al menos 20 cápsulas por cada especie y el valor del diámetro polar (DP) y el diámetro ecuatorial (DE) resultó de al menos 20 esporas de cada ejemplar estudiado, los resultados se expresan promedio y entre paréntesis el menor y el mayor valor.

Las esporas obtenidas para la siembra fueron previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 10%, durante cinco minutos en agitación continua. La siembra se llevó a cabo bajo cámara de flujo laminar, en cápsulas de petri de 5 cm de diám. con medio de cultivo Dyer gelificado con 9 g/L de agar Brittonia. Los cultivos se mantuvieron en cámara con ocho horas de luz.

Se realizaron observaciones periódicas cada tres o cuatro días durante tres meses después de la siembra para evaluar el desarrollo. Se fijaron ejemplares de gametofitos en hidrato de cloral acetocarminado (Edwards & Miller, 1972) para su observación con microscopio de luz (MO), para las observaciones con microscopía electrónica de barrido (MEB) los gametofitos fueron fijados en glutaraldehído al 2% en buffer fosfato, durante 72 hs., deshidratados en una serie de alcohol etílico,

<i>Argyroschoma</i>	E	DE (µm)	DP (µm)
<i>nivea</i>			
var. <i>flava</i>	32	57,8 (51-64)	54,6(47-59)
var. <i>nivea</i>	32	69,77(62,9-74,2)	70,5(69,3-71,7)
var. <i>tenera</i>	32	74,5(63-85)	65(57-73)

Tabla 1. Cantidad de esporas por esporangio (E) y dimensiones de las esporas (DP: diámetro polar, DE: diámetro ecuatorial).

llevados a punto crítico con dióxido de carbono y colocados sobre cinta doble faz, y finalmente cubiertos con una película de oro.

Las observaciones fueron realizadas con microscopio Olympus CX41 con cámara digital

Mshot (MC30) y con microscopio electrónico JEOL Modelo JSM 6480 LV SEM (Japan) del Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido y Microanálisis (LASEM) de la Universidad Nacional de Salta.

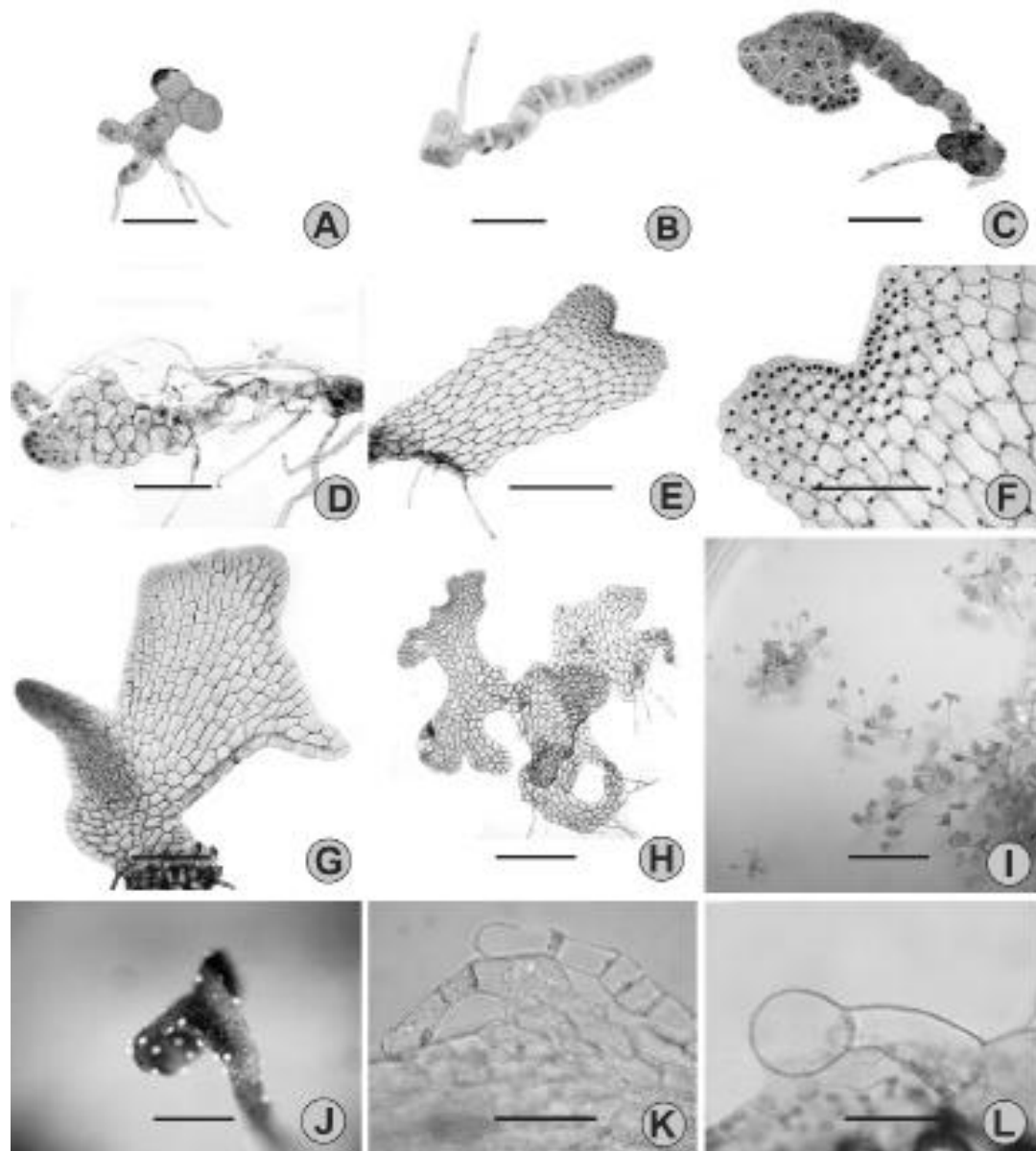


Figura 1. Desarrollo gametofítico de *Argyrochosma nivea* (MO). **A:** gametofito ramificado (var. *tenera*), **B:** gametofito filamentosos uniseriado (var. *nivea*), **C:** gametofito laminar asimétrico (var. *tenera*), **D:** gametofito laminar asimétrico (var. *nivea*), **E:** gametofito laminar cordiforme alargado (var. *nivea*), **F:** cuello de gametofito con meristemo (var. *nivea*), **G:** gametofito laminar con alas asimétricas (var. *flava*), **H:** gametofito laminar con alas irregulares (var. *flava*), **I:** esporofitos jóvenes (var. *flava*), **J:** esporofito con tricomas productores de farina (var. *flava*), **K:** tricoma pluricelular (var. *flava*), **L:** tricoma glandular (var. *flava*). Escalas: A,F= 100 μ m; B= 150 μ m; C,D,G= 200 μ m; E= 300 μ m; H,J= 500 μ m; I= 1 cm; K,L= 50 μ m. **Figure 1.** Gametophytic development of *Argyrochosma nivea* (MO). **A:** branched gametophyte (var. *tenera*), **B:** uniseriate filamentous gametophyte (var. *nivea*), **C:** asymmetrical laminar gametophyte (var. *tenera*), **D:** asymmetrical laminar gametophyte (var. *nivea*), **F:** gametophyte neck with meristem (var. *nivea*), **G:** laminar asymmetric gametophyte (var. *flava*), **H:** laminar gametophyte with irregular wings (var. *flava*), **I:** Young sporophytes (var. *flava*), **J:** Sporophytes with trichomes that produce farina (var. *flava*), **K:** pluricellular trichomes (var. *flava*), **L:** glandular trichome (var. *flava*).

Resultados

Esporas

En *Argyrochosma nivea* el número de esporas por esporangio es de 32, y el promedio del tamaño de las esporas es de $DE= 67,51$ y $DP= 61,21$ μm . El número de esporas por esporangio y las dimensiones de las esporas para cada una de las variedades se presentan en la Tabla 1.

Desarrollo Gametofítico

La primer fase de desarrollo gametofítico, la germinación de esporas, comenzó en las tres variedades entre los 3 y 5 días después de realizada la siembra. Según la propuesta de Nayar & Kaur (1971) la germinación es tipo Polar y corresponde al tipo Vittaria, donde la primer célula protálica se divide en sentido perpendicular al rizoide.

La célula protálica se divide 2 ó 3 días después de la germinación de las esporas para originar al gametofito filamentosos pluricelular. Los filamentos presentan 5-7 células en las variedades *flava* y *tenera*, y 6-12 células en la var. *nivea*; generalmente los gametofitos son uniseriados, excepto en la var. *tenera* cuyos filamentos se bifurcan en la base (figs. 1 A,B).

Después de la fase filamentosos, entre los 7 y 10 días posteriores a la germinación, se desarrollan los gametofitos laminares jóvenes asimétricos (figs. 1 C, D), o simétricos con un meristema apical o lateral responsable de la formación de las alas de los gametofitos maduros (figs. 1 E,F). En las variedades *nivea* y *flava* se desarrollan gametofitos con cuello y región meristemática delimitada, de aspecto cordiforme, asimétricos, con alas de diferentes proporciones (fig. 1 G) o lámina con lóbulos irregulares, sin cuello delimitado, ni región meristemática evidente (fig. 1 H); y en la var. *tenera* se origina un solo tipo de gametofitos, cordiformes asimétricos con las alas de diferentes dimensiones. Los gametofitos cordiformes a diferencia de los irregulares, presentan una costilla central pluriestratificada.

Los gametofitos son glabros durante todas las fases de su desarrollo en las tres variedades.

Sexualidad de los gametofitos

Los gametofitos maduros de las variedades *nivea* y *tenera* son neutros o vegetativos, mientras que los gametofitos de la var. *flava* son diocos o unisexuales. Los gametangios masculinos se forman en la etapa laminar madura, su cantidad es muy baja, entre 3 y 8 anteridios distribuidos al azar. Los gametangios femeninos se originan sobre la costilla central del gametofito y la cantidad de arquegonios es de 7 y 15 unidades por gametofito maduro.

La estructura de los gametangios corresponde a la clásica de los helechos leptosporangiados, los anteridios con tres células (basal, anular y opercular) y los arquegonios con cuatro columnas de cuatro células cada uno.

Esporofitos

La formación de los esporofitos comienza a evidenciarse a partir de los 40-50 días desde la germinación de las esporas. En las tres variedades los esporofitos son de origen apogámico, en las variedades *flava* y *tenera* se desarrollan a partir de mamelones meristemáticos cubiertos de escamas (figs. 2 A-C) que se originan sobre la costilla del gametofito, y en la var. *nivea* la costilla central se extiende por encima de la superficie para originar el esporofito con tricomas en la base (figs. 2 D,E). En las variedades *nivea* y *tenera* los esporofitos son glabros, y en la var. *flava* se originan entre 5 y 10 esporofitos por gametofito, las plántulas presentan tricomas 3-4-celulares y bicelulares glandulares productores de harina de color blanco (figs. 1 I-L, 2 F-I), distribuidos sobre el peciolo y en ambos lados de la lámina: los tricomas glandulares se evidencian cuando las plántulas toman contacto con el aire, mientras los esporofitos permanecen sumergidos en el medio de cultivo gelificado, no producen harinas.

Discusión y conclusión

Las esporas de *Argyrochosma nivea*, en sus tres variedades, tienen dimensiones semejantes a las descritas por Morbelli et al. (2001), y la cantidad de esporas por esporangio es uniforme en la especie, dato correspondiente con el registro de Gabriel y Galán (2011) y Hernández et al. (2015). Las dimensiones de las esporas, en las tres variedades, encontradas en este trabajo son menores que las citadas por Morbelli et al. (2001) y Hernández et al. (2015). La variedad *nivea* se destaca por la amplia variación en el tamaño de las esporas, con $DE= 38,3-106$ (Morbelli et al., 2001), semejante observación se encuentra en la var. *tenera*, con $DE= 37-106$ (Hernández et al., 2015).

El modelo de germinación de las esporas, tipo Vittaria, observado en el material estudiado es frecuente en los helechos cheilantoideos (Nayar & Kaur, 1971) y el tiempo de germinación es breve, posiblemente porque las esporas sembradas no tuvieron previo almacenamiento.

En los gametofitos filamentosos, la longitud no es un carácter constante, sin embargo la cantidad de células encontradas en la var. *nivea* es similar a la observada en los gametofitos provenientes de plantas colectadas en Perú citadas por

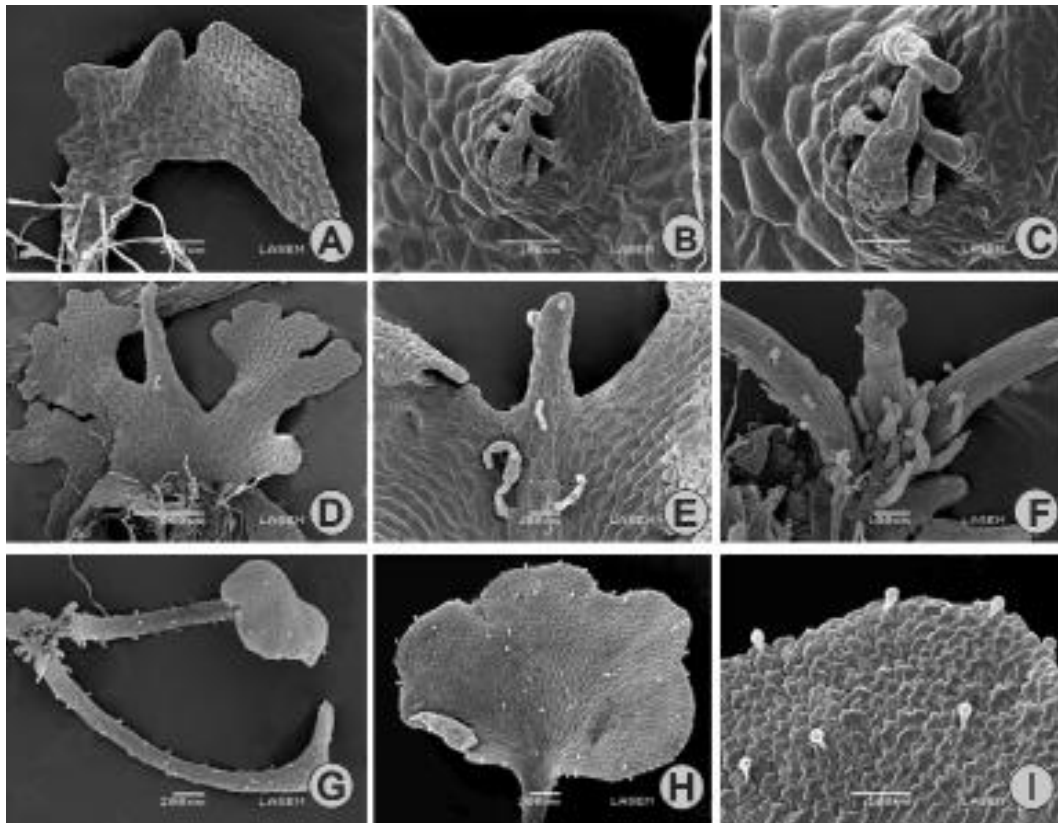


Figura 2. Gametofitos y Esporofitos de *Argyrochosma nivea* (MEB). var. *tenera*. **A:** gametofito con alas asimétricas, **B:** gametofito con mamelón, **C:** detalle de mamelón con escamas. var. *nivea*. **D:** gametofito laminar con alas asimétricas, **E:** gametofito con tricomas pluricelulares. var. *flava*. **F:** esporofitos jóvenes, **G:** esporofitos con tricomas glandulares, **H:** lámina de esporofito con tricomas glandulares, **I:** detalle de tricomas glandulares. **Figure 2.** Gametophytes and Sporophytes of *Argyrochosma nivea*. (MEB). var. *tenera*. **A:** gametophyte with asymmetrical wings, **B:** cushion on gametophyte, **C:** cushion with scales. var. *nivea*. **D:** laminar gametophyte with asymmetric wings, **E:** gametophyte with pluricellular trichomes. var. *flava*. **F:** young sporophytes, **G:** sporophytes with glandular trichomes, **H:** sporophyte leaf with glandular trichomes, **I:** detail of glandular trichomes.

Gabriel y Galán (2011); la ramificación de los gametofitos filamentosos influye en la morfología de los gametofitos maduros, así por ejemplo especies del género *Pteris* desarrollan gametofitos maduros individuales o agrupados en rosetas, correspondientes a gametofitos uniseriados o ramificados respectivamente (Martínez et al. 2013), en este caso se observa que los gametofitos filamentosos de *A. nivea* var. *tenera* se diferencian de las otras dos variedades porque las ramificaciones de los gametofitos filamentosos desarrollan gametofitos laminares independientes que se mantienen unidos en la base en etapas posteriores.

Durante el desarrollo de la lámina del gametofito en *Argyrochosma nivea* predomina el tipo Ceratopteris, excepto la var. *nivea* que presenta dos modelos, tipo *Adiantum* y *Ceratopteris*, ambos frecuentes en otros helechos cheilantoideos (Nayar & Kaur, 1971). La forma dominante de los gametofitos maduros es cordada

asimétrica, los gametofitos irregulares, con láminas profundamente escotadas de la var. *nivea* coinciden con los registros de Gabriel y Galán (2011) y también fueron observados en otras Pteridaceae, como *Pteris ensiformis* Burm. f., una especie poliploide (Martínez 2010, Walker 1962).

Los gametofitos son glabros durante todo su desarrollo a pesar que los esporofitos de las variedades *nivea* y *flava* presentan farinas en el envés de sus láminas, a diferencia de otros helechos con farinas como las especies de *Notholaena* donde los tricomas glandulares productores de farinas están presentes en ambas fases del ciclo de vida (Johnson et al. 2012). Sigel et al. (2011) al estudiar las relaciones filogenéticas de las especies con farinas, encuentran que la farina del género *Argyrochosma* surgió de manera independiente de la farina de las especies del género *Notholaena*.

La expresión sexual de los gametofitos adultos se manifiesta en la var. *flava*, donde a pesar de

generar gametofitos dioicos, los esporofitos son apogámicos al igual que en las otras variedades, la apogamia es frecuente en el género *Argyrochosma* y otros helechos cheilantoideos (Hayes, 1924; Knobloch, 1966; Steil, 1933; Whittier, 1965, 1970). Este tipo de reproducción se encuentra relacionado con los niveles de ploidía y el tamaño de las esporas (Knobloch, 1966, 1969). En las plantas estudiadas, la cantidad de esporas es de 32, y el número básico de cromosomas es $x=27$ (Windham & Yatskievych, 2003); según Hernández et al. (2015) y Sigel et al. (2011) las variedades *nivea* y *tenera* son triploides con $2n=81$, y aunque se desconoce el número cromosómico de la var. *flava*, según el tamaño de sus esporas, es probable su ploidía, todo esto explica el origen apogámico de los esporofitos.

Los esporofitos de la var. *flava*, se caracterizan por la abundancia de tricomas productores de harina blanca, diferente a las plantas maduras que se distinguen por su harina amarilla. Sigel et al. (2011) sugieren que podría haber disparidades químicas relacionadas con la funcionalidad en las diferentes fases del ciclo de vida de las plantas. La composición química de la harina ha demostrado ser un importante carácter filogenético entre los diferentes grupos taxonómicos de los helechos cheilantoideos (Wollenweber, 1984; Wollenweber & Schneider, 2000; Sigel et al., 2011).

Se concluye que las tres variedades de *Argyrochosma nivea* (var. *flava*, var. *nivea* y var. *tenera*) comparten los siguientes caracteres relacionados con la fase gametofítica: número de esporas= 32, tipo de germinación tipo *Vittaria*, formación de gametofitos cordiformes asimétricos, con alas de diferentes proporciones, y reproducción apogámica. Si bien las variedades *nivea* y *flava* presentan farinas, únicamente la variedad *flava* desarrolla esporofitos jóvenes con tricomas productores de farinas.

Agradecimientos

A la Fundación Miguel Lillo y Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (U.N.Sa.) por el financiamiento para realizar este trabajo, y al servicio técnico del Laboratorio de microscopía electrónica de barrido y microanálisis de la U.N.Sa. por la asistencia personalizada.

Referencias

Edwards, M.E. & Miller, J.H. (1972). Growth regulation by ethylene in fern gametophytes. III. Inhibition of spore germination. *Amer. J. Bot.* 59: 458-465.
Gabriel y Galán, J. M. (2011). Gametophyte development and reproduction of *Argyrochosma nivea*

(Pteridaceae). *Biologia* 66(1): 50-54.
Gastony, G.J. & Windham, M.D. (1989). Species concepts in Pteridophytes: the treatment and definition of agamosporous species. *Amer. Fern J.* 79: 65-77.
Hernández, M.A., Andrada, R.A., Páez, V. A. & Martínez, O.G. (2015). Ploidy level and obligate apogamy in *Argyrochosma nivea* (Poir.) Windham var. *tenera* (Pteridaceae). *Hoehnea* 42(2): 233-237.
Hayes, D.W. (1924). Some Studies of Apogamy in *Pellaea atropurpurea*. (L.) Link. *Transact. Microsc. Soc.* 43(3): 119 -135.
Hevly, R.H. (1963). Adaptations of cheilanthoid ferns to desert environments. *J. Arizona Acad. Sci.* 2: 164-175.
Johnson, A.K., Rothfels, C.J., Windham, M.D. & Pryer, K.M. (2012). Unique expression of a sporophytic character on the Gametophytes of notholaenid ferns (Pteridaceae). *Amer. J. Bot.* 99(6): 1118-1124.
Knobloch, I.W. (1966). A preliminary review of spore number and apogamy within the genus *Cheilanthes*. *Amer. Fern J.* 56(6):163-167.
Knobloch, I.W. (1969). The spore pattern in some species of *Cheilanthes*. *Amer. J. Bot.* 56(6): 646-653.
Martínez, O.G. (2010). Gametófitos y esporófitos jóvenes de cuatro especies naturalizadas de *Pteris* (Pteridaceae) en América. *Rev. Biol. Trop.* 59(1): 81-92.
Martínez, O.G., C. Prada, Tanco, M.E. & Bonomo, M.C. (2013). Sexual phase of three species of *Pteris* (Pteridaceae). *Trop. Plant Biol.* 6(1):46-52.
Morbelli, M.A., Ponce, M.M., Macluf, C. & Piñeiro, M.R. (2001). Palynology of South American *Argyrochosma* and *Notholaena* (Pteridaceae) species. *Grana*, 40: 6, 280-291.
Nayar, B.K. & Bajpai, N. (1963). Morphology of the gametophytes of some species of *Pellaea* and *Notholaena*. *J. Linn. Soc. Bot.* 59: 63-76.
Nayar, B.K. & Kaur, S. (1971). Gametophytes of homosporous ferns. *Bot. Rev.* 37: 295-396.
Ponce, M.M. (2016). *Argyrochosma* (J. Sm.) Windham, in: Zuloaga F.O. & M.J. Belgrano & A.M. Anton (eds.). *Flora vascular de la República Argentina* II. pp. 285-287.
Sigel, E.M., Windham, M.D. Huiet, L. Yatskievych, G. & Pryer, K.M. (2011). Species relationships and farina evolution in the cheilanthoid fern genus *Argyrochosma* (Pteridaceae). *Syst. Bot.* 36: 554-564.
Steil, W. N. (1933). New Cases of Apogamy in Certain Homosporous Leptosporangiate Ferns. *Bot. Gaz.* 95 (1): 164-167.
Tryon, R.M., Tryon, A.F. Kramer, K.U. (1990). Pteridaceae, in: Kubitzki K. (ed.). *The families and genera of vascular plants. Berlin: Springer-Verlag.* I: 230-256.
Tryon, A. F. & Lugardon, B. (1991). *Spores of the Pteridophyta*. Springer, New York.
Tryon, R.M. & Tryon, A.F. (1982). *Ferns and allied plants, with special reference to Tropical America*. Springer-Verlag, New York.
Walker, T.G. (1962). Cytology and evolution in the fern genus *Pteris* L. *Evolution* 16: 27-43.
Windham, M.D. & Yatskievych, G. (2003). Chromosome studies of cheilanthoid ferns (Pteridaceae:

- Cheilantheoideae) from the western United States and Mexico. *Amer. J. Bot.* 90: 1788-1800.
- Windham, M.D. (1987). *Argyrochosma*, a new genus of cheilanthoid ferns. *Amer. Fern J.* 77: 37-41.
- Whittier, D.P. (1965). Obligate apogamy in *Cheilanthes tomentosa* and *C. alabamensis*. *Bot. Gaz.* 126 (4): 275-281.
- Whittier, D.P. (1970). The initiation of sporophytes by obligate apogamy in *Cheilanthes castanea*. *Am. J. Bot.* 57(10): 1249-1254.
- Wollenweber, E. & Schneider, D. H. (2000). Lipophilic exudates of Pteridaceae-Chemistry and chemotaxonomy. *Biochem. Syst. Ecol.* 28: 751-777.
- Wollenweber, E. (1984). Exudate flavonoids of Mexican ferns as chemotaxonomic markers. *Revista Latinoamer. Quím.* 15: 3-11.
- Woronin, H. (1907). Apogamie und aposporie bei einigen farnen. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 25: 115-135.

Novelties in *Lindsaea* Dryand. ex Sm. (Lindsaeaceae) from South America

Alexander Francisco Rojas-Alvarado

Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela de Ciencias Biológicas; Apdo. Postal 86-3000, Heredia, Costa Rica

Correspondence

A.F. Rojas-Alvarado

e-mail: alfrojasa@yahoo.com

Recibido: 30 junio 2017

Aceptado: 21 julio 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

Novedades en *Lindsaea* Dryand. ex Sm. (Lindsaeaceae) para Suramérica

En este artículo se describen e ilustran tres especies nuevas de *Lindsaea* Dryand. ex Sm. para Suramérica: *L. falcatosora* A. Rojas, *L. nana* A. Rojas y *L. trapezoidalis* A. Rojas. La primera especie difiere de *L. pleioptera* Kramer por sus pinnas falcadas (en frondas 1-pinnadas) o pínulas (en frondas 2-pinnadas), con soro falcado restringido a 2/3 basales, o ausente en 1/3 apical donde la lámina es dentada. La segunda especie difiere de *L. falcata* Dryand. por frondas más pequeñas (4.5–8 × 1.7–2.6 cm vs. 10–25 × 4–7.5 cm), pinnas perpendiculares a ligeramente ascendentes (vs. falcadas) y segmento apical subconforme (vs. conforme), deltado (vs. hastado). La tercera especie difiere de *L. taeniata* Kramer por sus estípites and raquises angulados (vs. teretes) y pínulas proporcionalmente más cortas (2-3.5 veces más largas que anchas vs. al menos 5 veces más largas que anchas). También tres variedades son combinadas como especies.

Palabras clave: Helechos, nuevas especies, nuevos estatus, *Lindsaea*, Neotrópico.

Abstract

In this paper three new species of *Lindsaea* Dryand. ex Sm. are described and illustrated from South America: *falcatosora* A. Rojas, *L. nana* A. Rojas and *L. trapezoidalis* A. Rojas. The first species differ from *L. pleioptera* Kramer by its falcate pinnae (in 1-pinnate fronds) or pinnules (in 2-pinnate fronds) with falcate sori restricted to 2/3 basal, or absent in 1/3 apical where the blade is dentate. The second species differ from *L. falcata* Dryand. by its smaller blades (4.5–8 × 1.7–2.6 cm vs. 10–25 × 4–7.5 cm), pinnae perpendicular to slightly ascending (vs. falcate) and apical segment subconform (vs. conform), deltate (vs. hastate). The third species differ from *L. taeniata* Kramer by its angulate (vs. terete) stipe and rachises and proportionally shorter (2-3.5 times longer than wide vs. at least 5 times longer than wide) pinnules. Also three varieties are combined as species.

Key words: Ferns, Neotropics, new species, new status, Polypodiopsida.

Introduction

Lindsaea Dryand. ex Sm. is characterized because has surcate axes or evidently angulate in the fronds, ending segments dimidiate, sori along the margin of segments and indusia opening to the margin (Moran, 2011).

Moran (1995) mentioned that the neotropical

species of *Lindsaea* were monographed by Kramer (1957), who resolved several taxonomic and nomenclatural problems; however, *Lindsaea* need more studies, because several similar species sometimes are bad defined, looking hybridize or integrate. In Mesoamerica a group as them are formed by *L. arcuata* Kunze, *L. lancea* (L.) Bedd. and *L. quadrangularis* Raddi.

Schuettpelz & Pryer (2007), in their phylogeny studies from 400 leptosporangiate species of ferns, encountered that Dennstaedtiaceae family was polyphyletic with three different groups, justifying the segregations of Lindsaeaceae and Saccolmataceae family.

Tuomisto (1998) tread to *Lindsaea lancea* var. *falcata* (Dryand.) Rosenst. as a valid species (*L. falcata* Dryand.), considering that the morphological and ecological differences between it and *L. lancea* are sufficient to consider they as separated taxa.

Recently a phylogenetic analysis in the genus *Lindsaea* made by Lehtonen, Tuomisto, Rouhan & Christenhusz (2010), demonstrated that several neotropical species as *L. lancea*, *L. portoricensis* Desv., *L. rigidiuscula* Lindm. and *L. stricta* (Sw.) Dryand. were not supported as monophyletic entities. In the case of *L. lancea*, the non-monophyletic origin was expected on the basis of the great morphological differences between the varieties.

The objective of this work is to resolve several taxonomic problems that the phylogenetic analysis proposed by Lehtonen et al. (2010), showed through the cladogram additionally to new taxa discovered.

Materials and methods

The new taxa and new combinations here presented are the result of comparison of specimens with the species registered from South America, and after the revision of related species in treatments and papers from the Neotropics as: Boudrie & Cremers (2005), Gómez & Arbeláez (2009), Kramer (1957, 1989), Moran (1995), Mickel & Smith (2004), Murillo et al. (2008), Smith (1995) and Tryon & Stolze (1989); helped by phylogenetic analysis made by Lehtonen et al. (2010). The specimens mentioned are deposited in Herbario Amazónico Colombiano (COAH), herbario Instituto de Biología, UNAM (MEXU) and Missouri Botanical Garden (MO). The new species and status are based in the analysis of type specimens deposited in following herbaria: A, B, BR, CAY, GOET, IAN, K, MO, NY, P, S, U, UC and US (acronyms following Thiers 2016), seen through JSTOR page (<http://plants.jstor.org/>).

Results

New taxa

Lindsaea falcatosora A. Rojas, **sp. nov.** (fig. 1)

TYPE: COLOMBIA. **Amazonas:** Puerto Santander, trocha a la Chorrera, 15 ago 1998,

R. Alfonso et al. 112 (Holotype: COAH, herb. n° 38068; isotype: COAH, herb. n° 38067).

Diagnoses. *Lindsaea falcatosora* is similar to *L. pleioptera* but differs in having falcate pinnae (in fronds 1-pinnate) or pinnules (in 2-pinnate fronds) with falcate sori restricted to 2/3 basal, or absent in 1/3 apical where the blade is dentate.

Description. Perennial epipetric herbs, rhizomes short creeping, 1–2 mm in diameter, with fronds 3–6 mm distant between them; rhizome scales 1–3 × 0.1–0.3 mm, linear, brown-yellowish to brown, entire; fronds (5–) 8–30 cm long, erect; stipes (2–)10–16 cm long, yellowish-brown to dark brown, lustrous, not angulate and not winged abaxially; blade 1-pinnate to 2-pinnate, deltate to linear-lanceolate; pinnae (in 2-pinnate fronds) 6–15 × 1.0–2.3 cm, 1–3 pairs, linear, oblique, short-pedicellate, with a short acroscopic segment at base, apically pinnatifid or with a small attenuate segment, the apex acuminate to cuspidate with longer apical pinnae; pinnules (or pinnae in 1-pinnate fronds) 0.7–1.5 × 0.3–0.6 cm, 2–2.5 times longer than wide, (7–)12–16 pairs, uniformly spaced and alternates along the rachis, falcate, ascending, dimidiate except the basal ones, with dentate apex; sori continuous along acroscopic margin of segments, absent in 1/3 apical where the segment is dentate; indusia ca. 0.5 mm broad, stramineous, entire to slightly crenate.

Distribution. Known only from amazonian region of Colombia at 100-500 m.

Additional revised specimens. COLOMBIA.

Amazonas: Puerto Santander, trocha a Monochoa por El Calvario, 24 ago 1998, *R. Alfonso* & *M. Fiagama* 323 (COAH). **Caquetá:** Municipio Solano, Araracuara, quebrada del Amor, 16 ago 1998, *R. Alfonso* & *J. Murillo* 168 (COAH); ibídem, 20 ago 1998, *R. Alfonso* & *J. Tejada* 259 (COAH); Municipio Solano, margen izquierda del río Caquetá, Paujil, (área del caño Paujil), 10 km NW de Araracuara, 0°45–48'N, 72°20–25'W, 100–350 m, 18 jul 1992, *M. Arbeláez* & *F. Suerogue* 159 (COAH); Sierra de Chiribiquete, campamento Norte, recorrido por el cauce de un arroyo al NE del campamento, 1°07'N, 72°50'W, 350–500 m, 13 dic 1991, *S. Castroviejo* 12041 (COAH); Araracuara, along trail road Araracuara-Puerto Arturo to Cueva de Guacharos, slope towards river Caquetá, 350 m, 29 Oct 1988, *H. Sipman* & *J. Duivenvoorden* 27718 (COAH).

Etymology. The specific epithet makes reference to their falcate sori.

Lindsaea falcatosora differs from *L. pleioptera* in having falcate pinnae (in fronds 1-pinnate) or pinnules (in 2-pinnate fronds) (vs. perpendicular)

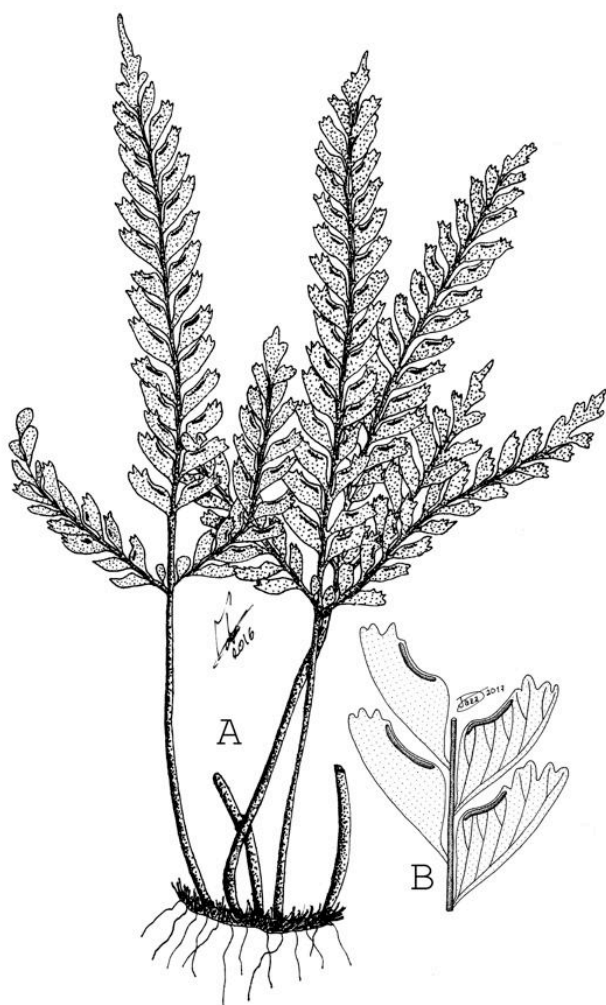


Figure 1. A-B. *Lindsaea falcatosora* (R. Alfonso et al. 112, COAH). **A.** General aspect of type specimen. **B.** Blade detail. **Figura 1. A-B.** *Lindsaea falcatosora* (R. Alfonso et al. 112, COAH). **A.** Aspecto general del espécimen tipo. **B.** Detalle de la lámina.

with falcate sori restricted to 2/3 basal (vs. not falcate sori over throughout acroscopic side, or absent in 1/3 apical where the blade is dentate). The new species also is similar to *L. hemiptera*, but the second species, additionally to *L. pleioptera* because has blackish axes, more segments pairs (to 35 pairs per pinna) and they overlapping (vs. distant) and perpendicular to costa (vs. ascending).

The habitat of this species is particularly interesting because it grow over rock in the margin of water courses.

***Lindsaea nana* A. Rojas, sp. nov.** (Fig. 2)

TYPE: COLOMBIA. **Amazonas:** 8 km SW of the confluence of Oso river with Caquetá, 1°11'S, 71°38'W, 150-250 m, 29 May 1998, H. Tuomisto et al. 12538 (Holotype: COAH).

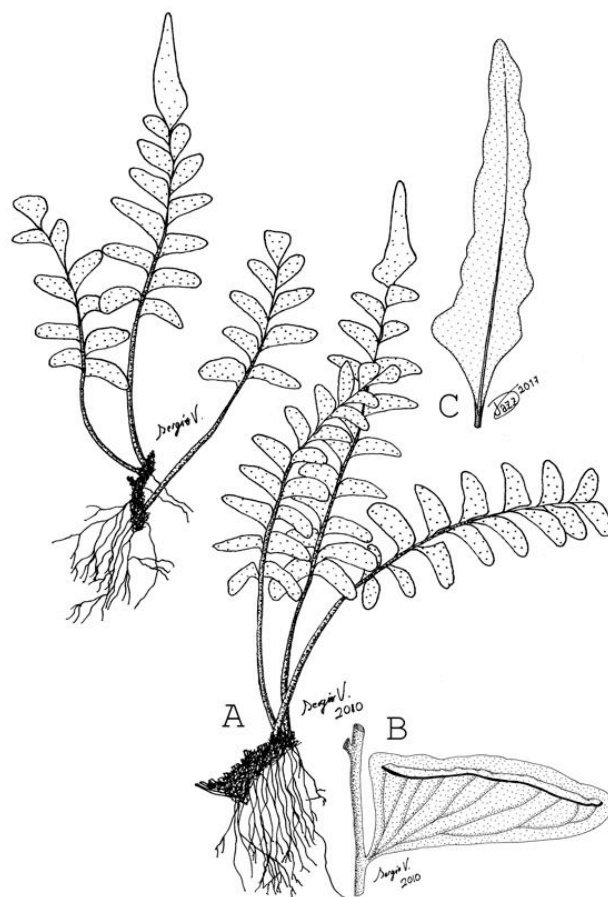


Figure 2. A-B. *Lindsaea nana* (H. Tuomisto et al. 12538, COAH). **A.** General aspect of type specimen. **B.** Blade detail. **C.** Blade Apex detail of the same species (H. Tuomistuo et al. 12549, COAH). **Figura 2. A-B.** *Lindsaea nana* (H. Tuomisto et al. 12538, COAH). **A.** Aspecto general del espécimen tipo. **B.** Detalle de la lámina. **C.** Detalle del ápice de la lámina de la misma especie (H. Tuomistuo et al. 12549, COAH).

Lindsaea pumila Klotzsch var. *remota* Kunze, Linnaea 21: 226. 1848. Type: Suriname, Sornau creek near Joden-Savanne, Nov 1845, H. Kege! 1066 (GOET!).

Lindsaea lancea (L.) Bedd. var. *remota* (Kunze) Kramer, Acta Botanica Neerlandica 6: 247, f. 29. 1957.

Diagnoses. *Lindsaea nana* is similar to *L. falcata* Dryand. and but it differs in having smaller blades (4.5–8 × 1.7–2.6 cm vs. 10–25 × 4–7.5 cm), pinnae perpendicular to slightly ascending (vs. falcate) and apical segment subconform, deltate (vs. hastate). Also is similar to *L. leprieurii* Hook., but the new species has terete (vs. angulate), yellowish-brown to grayish-brown (vs. atropurpleous to blackish) and opaque (vs. lustrous) stipe, green (vs. dark

green) laminar tissue and commonly ascending pinnae (vs. perpendicular to decurved).

Description. Perennial terrestrial herbs, rhizomes short creeping, 1-1.5 mm in diameter, with fronds 1–3 mm distant between them; rhizome scales 1–1.5 × 0.1–0.2 mm, lineate-deltate with short hair-like apices on the rhizome tips, orange-reddish to reddish-brown or dark reddish, lustrous, clathrate or occluded; fronds 6-14 cm long, ascending to arching; stipes 1.5-6.0 cm long, 1/3–1/2 the length of fronds, yellowish-brown to grayish-brown, opaque, not angular, not winged or scarcely in distal part; blades 4.5–8 × 1.7–2.6 cm, 1-pinnate, lanceolate, with 4–12 pinnae pairs, that are contiguous but not overlapping, gradually reduced towards apex, apically reduced to subconform or lanceolate segment; pinnae dimidiate, dark green, glabrous; pinnae 0.9-1.9 × 0.3–0.5 cm, rectangular-trapezoidal, short-petiolulate (0.5–1.5 mm), decurrently on the rachis and form an adaxial wing, perpendicular to more commonly slightly ascending with respect to rachis; highlighted veins, the primary forked sympodially 3–4 times; sori continuous, parallel and close to acroscopic margin; indusium 0.5 mm wide, entire, yellowish to pale green.

Distribution. Known from Colombia, Venezuela, Guayana, Suriname and Brazil at 150-250 (-900) m.

Additional revised specimens. COLOMBIA. Amazonas: 0-6 km SW of the confluence of Oso river with Caquetá, 1°09'S, 71°36'W, 150-250 m, 28 May 1998, H. Tuomisto et al. 12524 (COAH); 13-19 km SW of the confluence of Oso river with Caquetá, 1°14'S, 71°41'W, 150-250 m, 31 May 1998, H. Tuomisto et al. 12549 (COAH).

Etymology. The specific epithet makes reference to its small size.

Comments. Kunze (1848) published it taxa as a varietal of *Lindsaea pumila* Klotzsch probably based in the small plants with 1-pinnate blade, but *L. pumila* has linear and narrower blade with small pinnae base, probably more related to *L. cubensis* Underw. & Maxon and *L. parkeri* (Hook.) Kuhn. Also the name *L. pumila* was used by Hooker (1867). After that, Kramer (1957) include this taxa as a varietal of *L. lancea* (L.) Bedd., but it is more related to *L. leprieurii* Hook. and *L. falcata* Dryand., two species with lanceolate and broader blades with an hastate with subconform apex. Also Kramer (1957) included as synonym of these taxa to *L. pusilla* Splitgerber, but this species is really

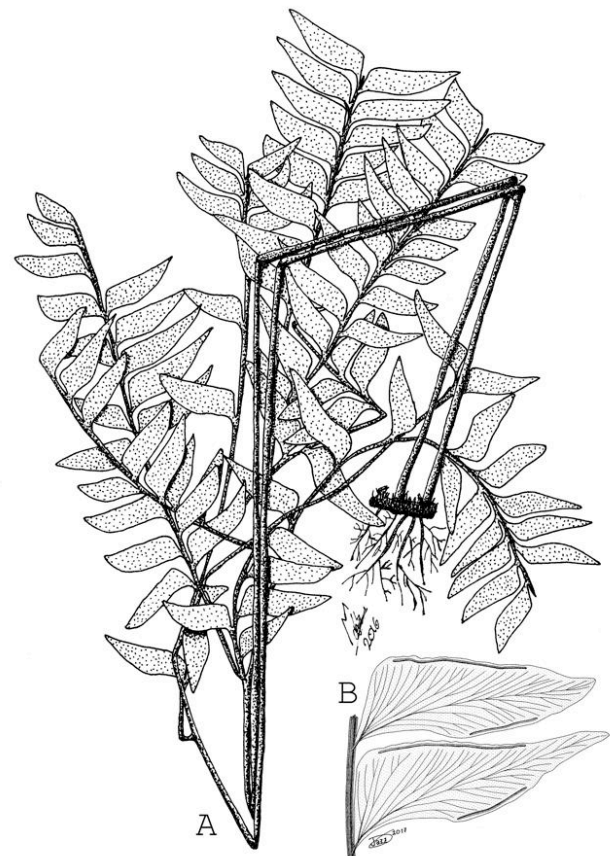


Figure 3. A-C. *Lindsaea trapezoidalis* (J. Pipoly et al. 14129, MEXU). **A.** General aspect of type specimen. **B.** Blade detail. **Figura 3. A-C.** *Lindsaea trapezoidalis* (J. Pipoly et al. 14129, MEXU). **A.** Aspecto general del espécimen tipo. **B.** Detalle de la lámina.

synonym of the typical *L. pumila* (var. *pumila*), for these reasons here is preferred to describe as a new species.

This species grow in clayey or sandy banks near water courses.

***Lindsaea trapezoidalis* A. Rojas, sp. nov.** (Fig. 3)

TYPE: PERU. **Loreto:** Maynas Province, región de Amazonas, Departamento Las Amazonas, Explornapo Camp, Inventario MacArthur, cerca de Sucusari, a lo largo del río Napo, 3°20'S, 72°55'W, 100-140 m, 3 mar 1991, J. Pipoly et al. 14129 (holotype: MEXU; isotype: MO).

Diagnoses. *Lindsaea trapezoidalis* differs from *L. taeniata* by its angulate (vs. terete) stipe and rachis and proportionally shorter (2-3.5 times longer than wide vs. at least 5 times longer than wide) pinnules. Also differ from *L. lancea* by its angulate stipe and rachises, and principal veins centered at middle and apex part.

Description. Perennial terrestrial herb, rhizomes short-creeping, 1.5–3 mm in diameter, with fronds 2–4 mm between them; rhizome scales 1–1.5 × 0.3–0.5 mm, lanceolate, yellowish-brown to brown, entire, flat and appressed to slightly patent; fronds 85–110 cm long, with vertical stipes, ascending in the blades; stipes 63–67 cm long, brown at the base and yellowish-brown up, angulate; blades 9–19 × 2.5–4.3 cm, ovate to lanceolate, 2-pinnate, with 2–3 pinnae pairs; rachises stramineous to yellowish-brown, quadrangular, not winged; pinnae 21.5–32.5 × 8–10 cm, 1–3 pairs, lanceolate to oblong, ascending with respect to rachis, the apical segments hastate to lanceolate; pinnules 3.5–6.5 × 1–1.8 cm, trapezoidal, 2–3.5 times longer than wide, ascending, excavate in basiscopic side, attenuate at apex; principal veins dimidiate at base and centered at the apex, secondary veins dichotomous; sori continuous along acroscopic and basiscopic sides of pinnules; indusia 0.2–0.3 mm broad, brown, entire to crenate.

Distribution. Known only from the type specimen of amazonian region of Peru at 100–140 m.

Etymology. The specific epithet makes reference to their trapezoidal pinnae.

Comments. *Lindsaea trapezoidalis* is similar to *L. taeniata* because both have principal veins dimidiate at base and centered at the apex, but differs in having angulate (vs. terete) stipe and rachis and proportionally shorter (2–3.5 times longer than wide vs. at least 5 times longer than wide) pinnules. This species was confused with *L. lancea* because has angulate stipe and rachises, and trapezoidal pinnules, but the principal veins centered at middle and apex part, and the sori make this species more related to *L. taeniata*.

New status

Lindsaea elatior (Kunze) A. Rojas, **stat. nov.**

Basionym. *Lindsaea falcata* Dryand. var. *elatior* Kunze, *Linnaea* 21: 225. 1848. Type: Suriname, Sornau creek near Joden-Savanne, Nov 1845, *H. Kegel 1068* (Holotype: GOET!, # herb. GOET008857; isotype: GOET!, # herb. GOET008858).

Lindsaea lancea (L.) Bedd. var. *elatior* (Kunze) Kramer, *Acta Botanica Neerlandica* 6: 248, f. 75. 1957.

Known distribution. Colombia, Venezuela, Guyana, Suriname and Brazil.

Comments. This species probably is more related to *L. falcata* because has hastate apex, however *L. elatior* has more pinnae pairs (25–40 vs. 10–20 (25) pairs) and they are close between them or imbricate (vs. distant) and the apex of terminal pinna is obtuse (vs. acute).

Lindsaea jamesoniiformis (Kramer) A. Rojas, **stat. nov.**

Basionym: *Lindsaea stricta* var. *jamesoniiformis* Kramer, *Acta Botanica Neerlandica* 6: 231, f. 76. 1957. Type: Surinam, Tafelberg (Table Mountain), savanna no. 4, 15 Aug 1944, *B. Maguire 24377* (Holotype: US!; isotypes: A!, BR!, IAN!, K!, MO!, P!, S!, U!, UC!).

Comments. *L. jamesoniiformis* was associated to *L. stricta* by Kramer (1957) probably because has many pinnule pairs per pinna and they small, however the phylogenetic analysis proposed by Lehtonen et al. (2010) show that this species is more related to *L. tenuis* Klotzsch and *L. cubensis* Underw. & Maxon, in support of this hypothesis they share very narrow and atropurpureous rhizome hairs, a character few used in this genus, contrary to *L. stricta* with broad and yellowish to brown rhizome hairs. Also *L. tenuis* has atropurpureous axes same to *L. jamesoniiformis* (vs. yellowish to brown in *L. stricta*).

Lindsaea submontana (Boudrie & Cremers) A. Rojas, **stat. nov.**

Basionym: *Lindsaea lancea* var. *submontana* Boudrie & Cremers, *Adansonia*, série 3, 27, 10–12, f. 1–4. 2005. Type: Guyane française, Montagne de la Trinité, zone Sud, bassin de la Mana, 04°34'N, 53°21'W, 580 m, 16 Jan 1988, *Granville et al. 13665* (holotype: P!; isotypes: B!, BR!, CAY!, K!, NY!, U!, US!).

Comments. *Lindsaea submontana* probably is more related to *L. falcata*, because the two species have lanceolate and broad fronds with few pinnae pairs, but *L. submontana* differ by its rounded pinnae apex.

Lindsaea terminalis (Kramer) A. Rojas, **stat. nov.**

Basionym: *Lindsaea quadrangularis* Raddi subsp. *terminalis* Kramer, Type: Paraguay, Colonia Presidente González, 10 ago 1893, *C. Lindman A 1757* (holotype: S!; isotype: US!).

Comments. *Lindsaea terminalis* apparently is more related to *L. divaricata* Klotzsch and *Lindsaea subalata* (Kramer) A. Rojas & Tejero because all of them have subconform pinnae apex and dark

axes. Rojas & Tejero (2017) mentioned that these taxa is more similar to *L. divaricata* because both have strongly ascending pinnae and pinnules, but *L. terminalis* has blackish stipes and rachises (vs. atropurpureous), fewer pinnae (commonly 2–3 vs. commonly 4–6 pairs), fewer pinnules ((5–)10–15 vs. (13–)20–25) pairs, and a deltate to hastate terminal segment (vs. narrowly lanceolate).

Acknowledgments

This work has been possible thanks to Vicerrectoría de Investigación of Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) through the support found for the strengthening of strategic alliances for the development of international collaborative projects and program of environmental indicators of the Observatorio Ambiental. Also thanks to Herbario Nacional de Costa Rica (CR), Herbario Amazónico Colombiano (COAH), herbaria of the Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia (COL) and Herbario Nacional de Mexico (MEXU), for the specimen loans and the space to study the specimens. To Jasmín Mejía Vargas, Pablo Muñoz Cambrónero and Sergio Villegas for the excellent illustrations, to the anonymous reviewers for their help; and to all who, in one way or another, made this work possible.

References

- Boudrie, M. & Cremers, G. (2005). Une nouvelle variété de *Lindsaea lancea* (Pteridophyta, Dennstaedtiaceae) du plateau des Guyanes *Adansonia*, sér. 3, 27 (1): 9-16.
- Gómez, L.D. & Arbeláez, A.L. (2009). *Flora de Nicaragua. Tomo IV: helechos*. St. Louis, Missouri, USA: *Missouri Botanical Garden*.
- Kramer, K.U. (1957). A revision of the genus *Lindsaea* in the new world with notes on allied genera. *Acta Bot. Neerl.* 6: 97–290. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1957.tb00576.x>
- Kramer, K.U. (1989). *Lindsaea mesarum*, a new fern species from the Roraima Sandstone. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 76: 605–607. 1989.
- Lehtonen, S., Tuomisto, H. Rouhan, G. & Christenhusz, M.J.M. (2010). Phylogenetics and classification of the pantropical fern family Lindsaeaceae. *Bot. J. Linn. Soc.* 163: 305–359. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2010.01063.x>
- Mickel, J.T. & Smith, A.R. (2004). The Pteridophytes of Mexico. *Mem. New York Bot. Gard.* 88: 1–1029.
- Moran, R.C. (1995). *Lindsaea*. In: R.C. Moran & R. Riba, (eds.). *Flora Mesoamericana. Vol.1. Psilotaceae a Salviniaceae*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México. p. 157–160.
- Moran, R.C. (2011). Géneros neotropicales de helechos y licófitas. San José, Costa Rica: *Organización para Estudios Tropicales*. Mimeografiado. 407 p.
- Murillo, M.T., Murillo, J., León, A. & Triana, L.A. (2008). *Los Pteridófitos de Colombia*. Bogotá, DC: Arfo. 533 p.
- Rojas, A.F. & Tejero, J.D. (2017). Novelty and notes in *Lindsaea* (Lindsaeaceae) from Mexico and Central America. *Phytotaxa* 296 (2): 147–160. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.296.2.4>
- Schuettpelz, E. & Pryer, K.M. (2007). Fern phylogeny inferred from 400 leptosporangiate species and three plastid genes. *Taxon* 56: 1037–1050.
- Smith, A.R. (1995). Pteridophytes. In: P. E. Berry, B. K. Holst, and K. Yatskievych (eds.). *Flora of the Venezuelan Guayana*. Volume 2. Pteridophytes, Spermatophytes: Acanthaceae-Araceae (pp. 1–327). Portland, Oregon, U.S.A: Timber Press.
- Tryon, R.M. & Stolze, R. (1989). Pteridophyta of Peru. Part II. 13. Pteridaceae-15. Dennstaedtiaceae. *Fieldiana Bot., n.s.* 22: 94–122.
- Tuomisto, H. (1998). What satellite imagery and large-scale field studies can tell about biodiversity patterns in Amazonian forests. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 85: 48–62. <https://doi.org/10.2307/2991994>

***Dryopteris* × *fraser-jenkinsii* Gibby & Widén en Galicia y nuevas localidades de *Cystopteris diaphana* (Bory) Blasdell para la provincia de A Coruña (NW de la península ibérica)**

X. Ignacio González-Martínez¹ y Carlos Boullón Agrelo²

¹Avda. Miguel Rodríguez Bautista, 23. 15960, Ribeira (A Coruña)

²r/1 da Angustia, 114. 15948, A Pobra do Caramiñal (A Coruña)

Correspondencia

X.I. González-Martínez

e-mail: xoseignaciogonzalez@yahoo.es

Recibido: 25 mayo 2017

Aceptado: 29 agosto 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

En esta nota presentamos información sobre el híbrido interespecífico *Dryopteris* × *fraser-jenkinsii* Gibby & Widén para el territorio de Galicia, así como un conjunto de nuevas localidades de *Cystopteris diaphana* (Bory) Blasdell para la provincia de A Coruña. Todos los pliegos testigo se hallan depositados en el Herbario SANT de la Universidad de Santiago de Compostela.

Palabras clave: Flora vascular, pteridófitos, corología, taxonomía, ecología, Galicia, NW ibérico.

Abstract

Dryopteris × *fraser-jenkinsii* Gibby & Widén in Galicia and new localities of *Cystopteris diaphana* (Bory) Blasdell in A Coruña province (NW Iberian Peninsula)

In this note, information of interest about the interespecific hybrid *Dryopteris* × *fraser-jenkinsii* Gibby & Widén in Galician territory is presented. In addition, several new localities of *Cystopteris diaphana* (Bory) Blasdell for A Coruña province are also presented. All the cited specimens are deposited at the SANT Herbarium.

Key words: Vascular flora, pteridophyte, chorology, taxonomy, ecology, Galicia, Iberian NW.

Introducción

Fruto de diversas prospecciones realizadas en bosques de vaguada localizados en la fachada atlántica del SW de la provincia de A Coruña, damos a conocer la presencia del híbrido interespecífico *Dryopteris* × *fraser-jenkinsii* Gibby & Widén, no documentado en firme con anterioridad en Galicia, así como un conjunto de nuevas localidades de *Cystopteris diaphana* (Bory) Blasdell para dicha provincia.

Para los taxones estudiados se indican los datos geográficos del lugar de recolección, las coordenadas UTM [X, Y (m), 29T; ETRS89], altitud (m s.n.m), ecología, fecha de recolección, colector/es y número identificador de herbario.

Además, se hacen diversos comentarios sobre aspectos corológicos, ecología y características morfológicas. Todos los pliegos testigo se hallan depositados en el Herbario SANT de la Universidad Santiago de Compostela.

Para conocer la relevancia de los hallazgos, se han consultado diversas floras, trabajos científicos, catálogos y otro tipo de publicaciones que figuran en la bibliografía. Además, se realizaron diversas consultas en el mencionado Herbario SANT y en el portal electrónico de datos GBIF (Global Biodiversity Information Facility, www.gbif.es). En las referencias a dicho recurso electrónico, aparece indicada la fecha de consulta del mismo en el texto.

En cuanto a la nomenclatura taxonómica, para

el género *Dryopteris* hemos seguido lo expuesto en *Flora iberica* (Salvo & Arrabal, 1986), mientras que para *Cystopteris* se han consultado otras fuentes más actualizadas, como por ejemplo los trabajos de Murphy & Rumsey (2005) y Prelli (2015).

Finalmente, el objetivo principal de esta nota es seguir actualizando en la medida de lo posible el conocimiento sobre la pteridoflora en el ámbito de Galicia.

Resultados

Dryopteris × *fraser-jenkinsii* Gibby & Widén

ESPAÑA. A Coruña. Muros, Torea, margen derecho del “Rego dos Balados” (tributario del río Rateira), 496928, 4741841, c. 203 m, sobre un talud terroso con elevada cubierta muscinal, dominada por los briófitos *Rhytidiadelphus loreus*, *Plagiothecium undulatum* y *Thuidium tamariscinum*, en la ladera de umbria del valle y bajo dosel de *Quercus robur*, *Laurus nobilis* y *Pyrus cordata* (*Rusco-Quercetum roboris*), en compañía de *Blechnum spicant* subsp. *spicant*, *Dryopteris affinis* subsp. *affinis*, *Hedera hibernica* y *Rubus* gr. *ulmifolius*, 24-IX-2016, X. Ignacio González-Martínez, Carlos Boullón Agrelo & Antía Queiruga del Alisal (SANT 72813).

Se trata de una notoespecie originada por hibridación interespecífica entre *Dryopteris affinis* (Lowe) Fraser-Jenk. subsp. *affinis* y *D. dilatata* (Hoffm.) A. Gray o *D. guanchica* Gibby & Jermy, y cuyo hallazgo en la presente localidad supone novedad para la pteridoflora gallega. Su presencia en nuestro territorio no es de extrañar, habida cuenta de la elevada frecuencia con la que se producen hibridaciones entre los miembros del género *Dryopteris* Adans. (Pteridophyta, Dryopteridaceae), un proceso que en estos helechos se encuentra muy a menudo ligado a fenómenos de especiación (Wagner, 1971; Fraser-Jenkins, 1982; Fraser-Jenkins & Reichstein, 1984; Quintanilla et al. 2006; Pérez Carro & Fernández Areces, 2007, 2013, 2016). Como consecuencia de esta elevada tasa de hibridación, más de la mitad de los integrantes de este conflictivo género son de naturaleza aloploiploide (Quintanilla et al. op. cit.). Estos fenómenos de introgresión genética son especialmente manifiestos dentro del denominado complejo “*D. dilatata*” (Gibby, 1983).

El conjunto de rasgos morfológicos que nos han llevado a esta determinación taxonómica, además del evidente aspecto intermedio entre los taxones arriba indicados, y a su vez apoyados en las apreciaciones de Pérez Carro & Fernández Areces (2007), fueron (vid. Fig. 1 & 2): (1) la acusada desigualdad en el tamaño de las

pínnulas basioscópica proximal y la acroscópica correspondiente del par de pinnas basales, ambas pinnatisectas, rasgos asociados, entre otras especies, a *D. dilatata* y *D. guanchica* (Salvo & Arrabal, 1986; Prelli, 2015); (2) la profunda división de las últimas 2-3 pínnulas proximales, en especial hacia la mitad inferior de la lámina, unido a la presencia de pequeñas aristas apicales en los dientes de las pínnulas (Fig. 2). En *D. filix-max* (L.) Schott, especie que no hemos visto en la cuenca del río Rateira, dichas pínnulas no llegan a estar tan profundamente divididas y no es tan evidente la diferencia de tamaño entre ellas (Salvo & Arrabal, 1986; Prelli, 2015). Además, la presencia de pequeñas aristas en la terminación de los segmentos de último orden suele ser un carácter ligado a especies como *D. dilatata* y *D. guanchica*, entre otros taxones, mientras que en *D. filix-max* los dientes son agudos pero sin llegar a portar aristas del tipo “*dilatata*” (Salvo & Arrabal, 1986); y (3) la escasez de páleas en toda la longitud del pecíolo y el raquis, carácter este último que descartaría la



Figura 1. Fronde de *Dryopteris* × *fraser-jenkinsii* en herbario. (A Coruña). Material recolectado en Muros (A Coruña). **Figure 1.** Frond of *Dryopteris* × *fraser-jenkinsii* in herbarium. Material collected in Muros (A Coruña).



Figura 2. Detalle de una pinna de *Dryopteris* × *fraser-jenkinsii* en el campo, donde puede observarse la presencia de pequeñas aristas en el ápice de los dientes de los segmentos de último orden. Muros (A Coruña); 24-IX-2016. **Figure 2.** Detail of a pinna of *Dryopteris* × *fraser-jenkinsii* in the field, with pinnules showing aristate teeth apices (A Coruña); 24-IX-2016.

posible confusión con alguno de los integrantes del grupo de *D. affinis*, los cuales presentan el raquis de la fronde densamente paleáceo (Salvo & Arrabal, 1986; Ivanova, 2004; Prelli, 2015). En definitiva, *D. fraser-jenkinsii* muestra un aspecto intermedio entre *D. affinis* subsp. *affinis* y *D. dilatata* o *D. guanchica*: la forma general de la lámina y la apariencia de las pínulas más distales recuerdan al primero, mientras que la forma y tamaño de las pínulas proximales y la presencia de aristas en los dientes de los segmentos de último orden son rasgos que apuntan hacia los segundos. Finalmente, el material observado en el campo no presentaba esporangios desarrollados.

En el lugar de recolección, *D. guanchica* y *D. affinis* subsp. *affinis* fueron, con diferencia, los representantes mayoritarios del género, especialmente el primero, estando *D. dilatata* mal representado, al menos en el momento de nuestras prospecciones en el Rego dos Balados (cuena del río Rateira). Por este motivo, creemos que *D. guanchica* y *D. affinis* subsp. *affinis* son los parentales más probables en la presente localidad. Además, el aspecto “espinuloso” de las pínulas debido a la presencia de pequeñas aristas en su periferia, recuerda al que puede observarse habitualmente en *D. guanchica* (obs. pers.). En cuanto a la abundancia de este híbrido en la zona, solo hemos podido ver un par de ejemplares, los cuales se encontraban próximos entre ellos.

Finalmente, en el Herbario SANT hemos encontrado un pliego determinado como *D. affinis* s.l. con material recolectado en la localidad de Vila de Cruces (Pontevedra) (Amigo & Louzán s.n.; SANT 41738, 10-VI-1999), y que por sus características morfológicas también habría que llevarlo al presente híbrido. Además, en la base de datos GBIF [03-VIII-2017] hemos encontrado un pliego MA asignado a *D. × fraser-jenkinsii* (Alejandre & Gil, s.n.; MA 484837, 15-10-1989), colectado en la fraga del río Mandeo (Coirós, A Coruña), el cual habría que revisar con el fin de confirmar la determinación taxonómica, en cuyo caso esta sería la primera recolección para Galicia.

Cystopteris diaphana (Bory) Blasdell
= *Polypodium diaphanum* Bory
= *Cystopteris viridula* (Desv.) Desv.

ESPAÑA. **A Coruña.** Lousame, Vilacoba, Comparada, 516990, 4736616, c. 290 m, en talud terroso y muy húmedo en la ladera de umbría del valle del río Vilacoba, bajo dosel de *Quercus robur* y *Corylus avellana* (*Rusco-Quercetum roboris* subass. *violetosum riviniana*), acompañado de *Chrysosplenium oppositifolium*, *Saxifraga*

spathularis, *Oxalis acetosella*, *Hedera hibernica*, *Umbilicus rupestris* y *Cardamine flexuosa*, y con la presencia de numerosos briófitos, entre los que figuran *Thamnobryum alopecurum*, *Fissidens serrulatus*, *F. polyphyllus*, *Plagiothecium nemorale*, *Isothecium alopecuroides*, *Kindbergia praelongum*, *Thuidium tamariscinum*, *Hookeria lucens* y *Pellia epiphylla*, 21-II-2016, X. Ignacio González-Martínez & Carlos Boullón Agrelo (SANT 72621); *ibidem*, Outes, San Lourenzo de Matasueiros, margen derecho del río San Paio, 504224, 4747566, c. 250 m, talud terroso muy húmedo en la vertiente de umbría del valle, bajo ripisilva de *Corylus avellana*, y en compañía de *Athyrium filix-femina*, *Polystichum setiferum*, *Hedera hibernica*, *Oxalis acetosella* y los briófitos, *Fissidens serrulatus*, *Thuidium tamariscinum*, *Isothecium alopecuroides*, *Plagiothecium nemorale* y *Pellia epiphylla*, 06-III-2016, X. Ignacio González-Martínez & Carlos Boullón Agrelo (SANT 72622); *ibidem*, Lousame, Vilacoba, cerca de O Inferniño, entre las localidades de Vilacoba y Vilar de Reconco, valle del “Rego da Candosa”, tributario del río Vilacoba, 515002, 4735706, c. 200 m, en grieta de bloque rocoso vertical y rezumante, bajo dosel de *Quercus robur*, *Corylus avellana*, *Castanea sativa* y *Salix atrocinerea*, en compañía de *Athyrium filix-femina*, *Umbilicus rupestris*, *Cardamine flexuosa* y de los briófitos *Mnium hornum*, *Fissidens serrulatus*, *Diplophyllum albicans* y *Lyphocolea* cf. *heterophylla*, 15-V-2016, X. Ignacio González-Martínez & Carlos Boullón Agrelo (SANT 72666); *ibidem*, Boiro, Cures, Covelo, margen derecho del “Rego da Devesa da Graña” (cuena del río Coroño), 507334, 4727461, c. 295, m sobre rocas silíceas recubiertas de briófitos, al lado del curso de agua, en orientación N, bajo dosel ripario de *Alnus glutinosa*, *Laurus nobilis* y *Quercus robur*, en compañía de *Hedera hibernica* y *Asplenium obovatum* subsp. *billotii*, 12-VIII-2016, X. Ignacio González-Martínez & Carlos Boullón Agrelo (SANT 72773); *ibidem*, Mazaricos, Chacín, margen izquierdo del río Santa Baia (cuena del río Entíns), 505357, 4748835, c. 90 m, sobre talud terroso en umbría permanente y bajo ripisilva de *Corylus avellana*, acompañado de *Athyrium filix-femina*, *Oxalis acetosella*, *Hypericum androsaemum* y *Geranium robertianum*, así como de los briófitos *Thamnobryum alopecurum*, *Hookeria lucens* y *Plagiomnium undulatum*, 06-VIII-2016, X. Ignacio González-Martínez, Carlos Boullón Agrelo & Antía Queiruga del Alisal (SANT 72774).

Con el objetivo de seguir completando los mapas distribución de *Cystopteris diaphana* elaborados por Quintanilla & Amigo [1999, sub. *C. viridula* (Desv.) Desv.] para Galicia y por Moreno

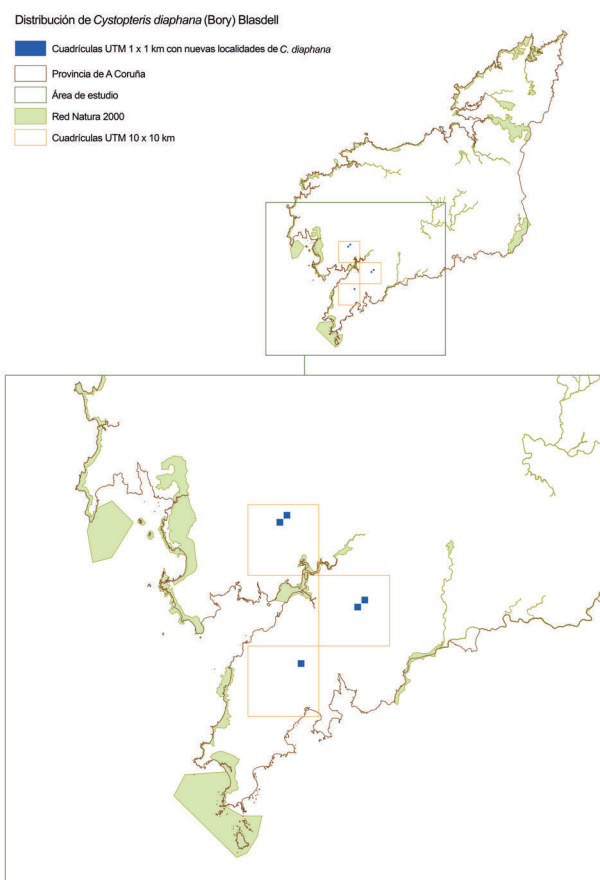


Figura 3. Nuevas localidades de *Cystopteris diaphana* en el SW de la provincia de A Coruña (Galicia, NW península ibérica). **Figure 3.** New localities of *Cystopteris diaphana* in the SW of A Coruña province (Galicia, NW Iberian Peninsula).

Saiz et al. [2015 sub *C. viridula* (Desv.) Desv.] para el ámbito de la península ibérica e Islas Baleares, presentamos los presentes testimonios correspondientes a varias localidades del SO de la provincia de A Coruña (Fig. 3), ninguna de las cuales se encuentra incluida dentro de las cuadrículas de 10 × 10 km proporcionadas por dichos autores.

Para la determinación de los materiales hemos seguido el criterio taxonómico comúnmente utilizado para este género, basado en la ornamentación del perisporio (Jermy & Harper, 1971; Prada, 1986; Aizpuru et al. 1999; Quintanilla & Amigo, 1999). Para ello, hemos utilizado microscopía óptica a 600 aumentos. Así mismo, hemos cotejado los resultados de la observación microscópica de las esporas con el patrón de nerviación de la lámina, en base a lo expuesto por Blasdell (1963) y, más recientemente, por Murphy & Rumsey (2005), encontrando una correlación positiva. Estos autores sugieren que además de los caracteres

microscópicos, por lo demás esenciales para una correcta determinación en el género *Cystopteris*, también resulta de interés tener en cuenta la terminación de los nervios en los ápices de los dientes de las pínulas, carácter este último de especial utilidad en el campo. De esta manera, *C. diaphana* (Fig. 4) presenta la mayoría de “venas” finalizando en las escotaduras del margen de las pínulas (Fig. 5), mientras que en el afín *C. fragilis* (L.) Bernh. suelen terminar, en su mayoría, en el



Figura 4. Frondes de *Cystopteris diaphana* en el campo. Vilacova (Comparada, Lousame, A Coruña); 21-II-2016. **Figure 4.** Fronds of *Cystopteris diaphana* in the field. Vilacova (Comparada, Lousame, A Coruña); 21-II-2016.



Figura 5. Indusios cuculados característicos del género *Cystopteris*. Obsérvese que la mayoría de venas terminan en las escotaduras de los lóbulos. Vilacova (Comparada, Lousame, A Coruña); 21-II-2016. **Figure 5.** Typical hood-shaped indusium in the genus *Cystopteris*. Most of veins ending in notches between teeth apices. Vilacova (Comparada, Lousame, A Coruña); 21-II-2016.

ápice de los dientes de las pinnulas. No obstante, este último carácter taxonómico es puesto en entredicho por Quintanilla & Amigo (1999).

En cuanto a su ecología, este helecho muestra claras apetencias por los ambientes más oceánicos, y su presencia en Galicia se encuentra ligada sobre todo a enclaves abrigados próximos al litoral, especialmente a fondos de barrancos (Loidi et al. 1997; Quintanilla & Amigo, 1999). En nuestro caso, siempre lo hemos encontrado ocupando fondos de valle y en la proximidad de cursos de agua, asociado a un bosque litoral atlántico más o menos bien conservado, en ambiente saturado de humedad y en sombra permanente. Por otro lado, y en relación a la sinecología de la especie, Loidi et al. (1997) hablan de una "Comunidad de *Cystopteris viridula*" asociada a este tipo de ambientes hiperoceánicos, descrita por vez primera como tal para el territorio asturiano (Fernández Prieto et al. 1984), y en la que además de este pteridófito participarían otras plantas ligadas a medios húmedos, como por ejemplo *Chrysosplenium oppositifolium* L., *Cardamine flexuosa* With., especies del género *Saxifraga* L. (en nuestro caso representado por *S. spathularis* Brot.) y *Oxalis acetosella* L., así como numerosos briófitos. Fitocenosis similares las hemos encontrado en localidades como Comparada (Lousame, Vilacoba; SANT 72621) y a orillas del río San Paio (San Lourenzo de Matasueiros, Outes; SANT 72622).

Por último, y en lo que a su abundancia se refiere, en las vaguadas prospectadas ha resultado una especie de presencia muy puntual y siempre en muy bajo número, por lo que interpretamos se trata de un helecho raro ya no solo en el área prospectada, sino en buena parte de la fachada atlántica gallega, algo que por otra parte sugiere el mapa de distribución de Quintanilla & Amigo (*op. cit.*). No obstante, se trata de un género mal conocido en Galicia, debido, entre otros motivos, a determinaciones erróneas, y no solo a nivel específico, sino también genérico. En este sentido, las especies del género *Cystopteris* han sido frecuentemente confundidas con ejemplares de pequeño porte de *Athyrium filix-femina* (L.) Roth (Quintanilla & Amigo, *op. cit.*). Abundando en lo antedicho, en el *Atlas* de pteridófitos recientemente elaborado por Moreno Saiz et al. (*op. cit.*) aparece indicada la presencia de *C. diaphana* (sub *C. viridula*) para el archipiélago de Sálvora (A Coruña, *Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia*), quizás debido a su inclusión en el catálogo de flora vascular realizado para dicho complejo insular por Bernárdez Villegas et al. (2012). No obstante, y tras consultar dicha Flora, observamos que la imagen que ilustra la

ficha de *C. diaphana* no parecía corresponderse con esta especie, sino más bien con frondes poco desarrolladas del helecho *Asplenium obovatum* Viv. subsp. *billotii* (F.W. Schultz) Kerguelén (= *Asplenium billotii* F.W. Schultz). Por este motivo, en julio de 2017, hemos visitado el único punto del archipiélago donde supuestamente se encontraba *C. diaphana*, concretamente en la "Fonte de Santa Catalina" de la Isla de Sálvora, confirmando finalmente nuestra impresión inicial. Por tanto, consideramos que *C. diaphana* debería ser excluido del catálogo florístico del archipiélago de Sálvora.

Agradecimientos

Al siempre amable y diligente personal del Herbario SANT de la Universidade de Santiago de Compostela, Davide San-León, Ramiro Iglesias y Javier Amigo. A Gabriel Lojo Pose por la confección del mapa con las nuevas localidades de *Cystopteris diaphana*, y a Antía Queiruga del Alisal, por su compañía en muchas de las jornadas de campo realizadas. Por último, agradecer la labor de dos revisores anónimos cuyas aportaciones han contribuido de forma notable a la mejora del manuscrito inicial.

Referencias

- Aizpuru, I., Aseginolaza, C., Uribe-Echebarría, P.M., Urrutia, P. & Zorrakin, I. (1999). *Claves ilustradas de la flora del País Vasco y territorios limítrofes*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz. 831 pp.
- Bernárdez Villegas, J.G., Blanco-Dios, J.B., Mouriño Lourido, J. & Rigueiro Rodríguez, J.A. (2012). *Flora y vegetación del Archipiélago de Sálvora (Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia)*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid. 464 pp.
- Blasdell, R.F. (1963). A monographic study of the fern genus *Cystopteris*. *Mem. Torrey Bot. Club* 21: 1–102.
- Fernández Prieto, J.A., Fernández Ordóñez, M.C. & Collado, M.A. (1984). Datos sobre la distribución y el comportamiento ecológico de *Cystopteris viridula* en Asturias. *Bol. Cien. Nat. I.D.E.A* 33: 39-48.
- Fraser-Jenkins, C.R. (1982). *Dryopteris* in Spain, Portugal and Macaronesia. *Bol. Soc. Brot. Sér. 2*, 55: 175–336.
- Fraser-Jenkins, C.R. & Reichstein, T. (1984). *Dryopteris*. In: K. U. Kramer (ed.), *Pteridophyta* in G. Hegi, *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, ed. 3, 1(1): 136–169. Berlin, Hamburg.
- Gibby, M. (1983). The *Dryopteris dilatata* complex in Macaronesia and the Iberian Peninsula. *Acta. Bot. Malac.* 8: 59-72.
- Ivanova, D. (2004). *Dryopteris affinis* subsp. *borreri* (Pteridophyta: *Dryopteridaceae*) in the Bulgarian flora.

- Fl. Medit.* 14: 201-218.
- Jermy, A.C. & Harper, L. (1971). Spore morphology of the *Cystopteris fragilis* complex. *Brit. Fern Gaz* 10: 211-213.
- Loidi, J., Biurrun, I. & Herrera, M. (1997). La vegetación del centro-septentrional de España. *Itinera Geobot.* 9: 161-618.
- Murphy, R.J. & Rumsey, F.J. (2005). *Cystopteris diaphana* (Bory) Blasdel (Woodsiaceae) – an overlooked native new to the British Isles? *Watsonia* 25: 255-263.
- Pérez Carro, F.J. & Fernández Areces, M.C. (2007). *Dryopteris remota* en Cantabria y acerca de un nuevo híbrido: *Dryopteris* × *alejandrei*. *Flora Montib.* 37: 29-38.
- Pérez Carro, F.J. & Fernández Areces, M.C. (2013). *Dryopteris* × *orexpansa*, un nuevo híbrido y *D.* × *deweveri* en Cantabria. *Flora Montib.* 54: 150-161.
- Pérez Carro, F.J. & Fernández Areces, M.C. (2016). Dos nuevos híbridos de *Dryopteris guanchica*: *D.* × *cantabrica* y *D.* × *ronald-vianensis*. *Flora Montib.* 63: 64-81.
- Prada, C. (1986). *Cystopteris* Bernh. En: S. Castroviejo, M. Laínz, G. López González, P. Montserrat, F. Muñoz Garmendia, J. Paiva & L. Villar (eds.), *Flora iberica* I. *Lycopodiaceae-Papaveraceae*: 115-121. Real Jardín Botánico, C.S.I.C., Madrid.
- Prelli, R. (2015). *Guide des Fougères et plantes alliées*. Ed. Belin, France. 224 pp.
- Quintanilla, L.G. & Amigo, J. (1999). Distribución del género *Cystopteris* Bernh. (Athyraceae, Pteridophyta) en Galicia (NO de la Península Ibérica). *Nova Acta Ci. Compostelana (Biol.)* 9: 117-124.
- Quintanilla, L.G., Viane, R.L.L. & Van Den Heede, C.J. (2006). *Dryopteris* × *gomerica*, un retrocruzamiento relativamente frecuente en el noroeste de España. *Lazaroa* 27: 133-135.
- Moreno Saiz, J.C., Pataro, L. & Pajarón Sotomayor, S. (2015). Atlas de de los pteridófitos de la Península Ibérica e Islas Baleares. *Acta. Bot. Malac.* 40: 5-55.
- Salvo, Á.E. & Arrabal, M.I. (1986). *Dryopteris* Adans. En: S. Castroviejo, M. Laínz, G. López González, P. Montserrat, F. Muñoz Garmendia, J. Paiva & L. Villar (eds.), *Flora iberica* I. *Lycopodiaceae-Papaveraceae*: 128-143. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Wagner, W.H. jr. (1971). Evolution of *Dryopteris* in relation to the Appalachians. In: P. C. Holt (ed.), *The distributional history of the biota of the southern Appalachians*. *Res. Div. Monogr.* 2: 147-192. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA.

A new species and three hybrids in the ferns from Cocos Island, Puntarenas, Costa Rica

Alexander Francisco Rojas-Alvarado

Universidad Nacional de Costa Rica.
Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica, CA.

Correspondence

A.F. Rojas-Alvarado

e-mail: alfrojasa@yahoo.com

Recibido: 4 junio 2017

Aceptado: 29 agosto 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

Una nueva especie y tres híbridos en helechos para la Isla del Coco, Puntarenas, Costa Rica

Una especie nueva y tres híbridos de helechos para la Isla del Coco (Costa Rica) son descritos e ilustrados aquí: *Nephrolepis cocosensis* A. Rojas, *Cyathea x robusta* A. Rojas, *Elaphoglossum x intermedium* A. Rojas y *Tectaria x epilithica* A. Rojas. La nueva especie difiere de *Nephrolepis rivularis* (Vahl) Mett. ex Krug por su hábitat terrestre, frondas más pequeñas, pinnas más pequeñas and estas perpendicular al raquis, pinnas marginalmente lobuladas a bilobuladas distalmente, escamas del raquis pardo pálido con el punto de inserción pardo oscuro, escamas de la lámina 0.2–0.4 mm en diámetro, algunas veces reducidas a puntos resinosos, soros submarginales, muchas veces en los lóbulos internos de cada segmento, indusios cordiformes and basalmente adheridos, estos pardo pálidos con el punto de inserción pardo oscuro. El primer híbrido es intermedio entre *Cyathea alfonsiana* L.D. Gómez y *C. notabilis* Domin, en tamaño del tronco, tamaño y forma de las escamas del rizoma y base del estípote, tamaño de las frondas, pares de venas por segmento and grado de división de estas and y tamaño de los parafisos, pero tiene frondas más grandes que ambos progenitores, por esta razón el nombre del epíteto. *Elaphoglossum x intermedium* es un híbrido entre *E. alvaradoanum* A. Rojas y *E. crinitum* (L.) Christ, el cual es caracterizado por escamas del estípote y lámina pardos, lámina con base cuneada and ápice obtuso, y venas parcial e irregularmente anastomosadas. *Tectaria x epilithica* tiene caracteres intermedios entre *T. incisa* Cav. y *T. mexicana* (Fée) C.V. Morton, y es fácil de reconocer porque tiene lámina 1-pinnado-pinnatífida y tamaño intermedio entre las escamas del rizoma.

Palabras clave: *Cyathea*, *Elaphoglossum*, especie nueva, híbridos nuevos, *Nephrolepis*, *Tectaria*.

Abstract

A new species and three new hybrids of ferns from the Cocos Island (Costa Rica) are described here: *Cyathea x robusta* A. Rojas, *Elaphoglossum x intermedium* A. Rojas, *Nephrolepis cocosensis* A. Rojas and *Tectaria x epilithica* A. Rojas. The new species differs from *Nephrolepis rivularis* (Vahl) Mett. ex Krug by its terrestrial habitat, smaller fronds, smaller pinnae that are perpendicular to rachis and lobed to bilobed distally, pale brown rachis scales with dark brown insertion points, blade scales 0.2–0.4 mm in diameter, sometimes reduced to a resinous dots, sori submarginal, frequently in the internal lobe of each segments, and indusia cordiform and basally attached, pale brown with dark brown point of attachment. The first hybrid is intermediate between *Cyathea alfonsiana* L.D. Gómez and *C. notabilis* Domin, in trunk tall, size and form of rhizome and stipe scales, fronds size, pairs per segment and division degree of veins and paraphyses size, but has bigger fronds that both progenitors, this character is the basis for its specific epithet. *Elaphoglossum x intermedium* is a hybrid between *E. alvaradoanum* A. Rojas and *E. crinitum*

(L.) Christ and is characterized by brown stipe and blade scales, cuneate blade base an obtuse blade apex, and veins partially and irregularly anastomosing. *Tectaria x epilithica* has intermediate characters between *T. incisa* Cav. and *T. mexicana* (Fée) C.V. Morton, this hybrid is easy to recognize because has 1-pinnate-pinnatifid blade and possesses rhizome scales that are intermediate in size compared to those of its parents.

Key words: *Cyathea*, *Elaphoglossum*, *Nephrolepis*, new hybrids, new species, *Tectaria*.

Introduction

Some of flora lists from Cocos Island that include ferns are: Hemsley (1882–1886), Robinson (1902), Stewart (1912), Svenson (1938) y Fosberg & Klawe (1966).

The first list exclusively for ferns from Cocos Island was presented by Gómez (1975a, 1975b) who registered 60 species of ferns and lycophytes and of them only six (10%) are endemic. After that, other authors as: Gómez (1976) described a new species of *Thelypteris* Schmidel and reported three species; Smith & Lellinger (1985) described other new species of *Thelypteris*; Adams (1992) described a new species of *Asplenium* L.; Rojas (1996) described a new species of *Hymenophyllum* Sm. and other in *Terpsichore* A.R. Sm.; Rojas (2001a) described a new species of *Hypolepis* Bernh.; Rojas (2003) described two new species of *Elaphoglossum* Sm.; Rojas (2004) a new variety of *Trichomanes collariatum* Bosch; Rojas & Trusty (2004) described two new varieties of *Asplenium delicatum* C. Presl and *Saccoloma elegans* Kaulf. respectively, also registered 80 infrageneric taxa and of them eighteen (22.5%) are endemic. Rojas (2009) described a new species of *Elaphoglossum*. Rojas (2011) described four new species and registered six other species. Rojas (2013a) described a new species of *Stenogrammitis* Labiak and Rojas (2013b) described a new species of *Danaea* Sm. Also Gómez (1976) registered three species and Rojas (2001b) validated the name of *Cyathea alfonsiana* L.D. Gómez published by Gómez (1971). In summary, 85 infrageneric taxa have been reported and of them twenty five (29.4%) are endemic.

In this work a new species and three hybrids are described enlarging the diversity to 88 infrageneric taxa and the endemism to 33% of ferns and lycopodioids from Cocos Island.

Materials and methods

The new species and hybrids are the result

of exhaustive sampling in the Cocos Island and the comparison of specimens with the registered species from Costa Rica and deposited in the National Herbarium (CR), and after the revision of related species and keys from the Neotropics as: Gómez & Arbeláez (2009), Moran & Riba (1995), Lellinger (1989). The specimens collected are deposited in Herbario Nacional de Costa Rica (CR), Kew Botanical Garden (K), Missouri Botanical Garden (MO) and Herbario de la Universidad de Costa Rica (USJ).

New species

Nephrolepis cocosensis A. Rojas, **sp. nov.** (fig. 1).

TYPE. COSTA RICA. Puntarenas: Puntarenas, Isla del Coco, Parque Nacional Isla del Coco, sendero a Cerro Iglesias, parte alta, 5°31'45"N, 87°04'50"W, 500–634 m, 23 nov 2007, A. Rojas 8191 (holotype: CR; isotypes: K, MO).

Diagnoses. *Nephrolepis cocosensis* differs from *N. rivularis* (Vahl) Mett. ex Krug because it has terrestrial habitat, smaller fronds, smaller pinnae and they perpendicular to rachis, pinnae marginally lobulate to bilobulate distally, rachis scales pale brown with the insertion points dark brown, blade scales 0.2–0.4 mm in diameter, sometimes reduced to a resinous dots, sori submarginal, a lot of times in the internal lobe of each segments, and indusia cordiform and basally attached, they pale brown with dark brown attached point.

Description. Terrestrial; rhizome 3–5 mm in diameter, ascending, with fimbriate root middle arching (wading estate type); rhizome scales 2–4 x 0.5–1 mm, lanceolate, medium rigid, brown, lustrous, concolorous, marginally denticulate to short-ciliate; tubercles absent; fronds 35–62 cm long, erect or slightly arching, perennial; stipe (7–) 10–18 cm long, pale brown to brown, lustrous, sparsely to moderate scaly, the scales 3–5 x ca. 1 mm, pale brown to sometimes dark in the center,

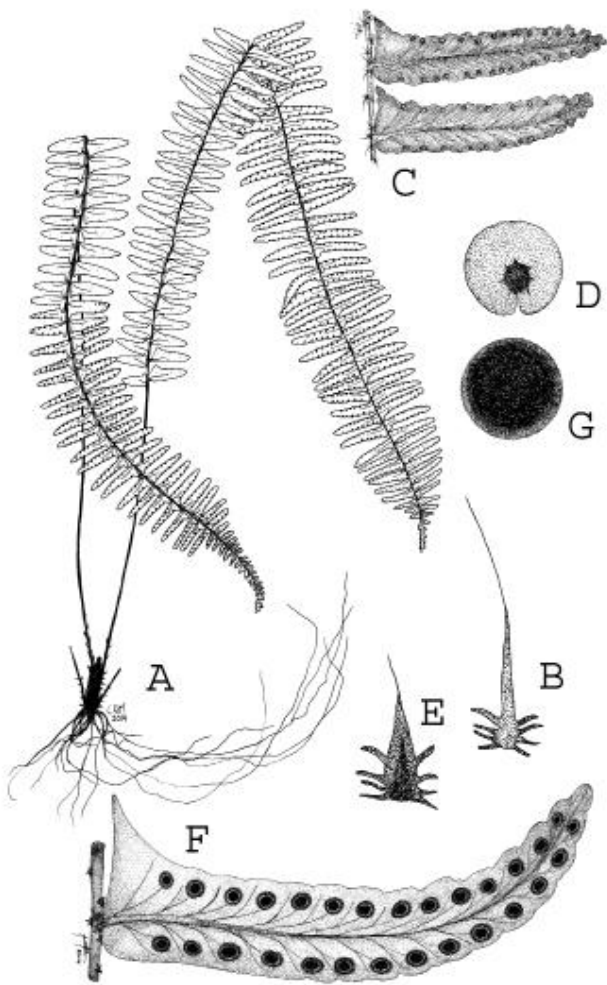


Figure 1. A–D. *Nephrolepis cocosensis* (A. Rojas 8191, CR): A. General aspect of type specimen. B. Rachis scale. C. Pinna detail. D. Indusium. E–G. *Nephrolepis rivularis* (A. Rojas et al. 7101, CR): E. Rachis scale. F. Pinna detail. G. Indusium.

marginally entire with erose to short-ciliate base, the scales of medial to distal part to 6 mm long, linear with expanded base; blade 28–56 x 4–6.7 cm, basally gradually reduced to 2 cm broad, apically acuminate; rachis smooth, canaliculated dorsally, without trichomes, moderate to densely scaly at the insertion points of the pinnae and adaxially, sparsely scaly dorsally, the scales 1–3.5 x 0.8–1.5 mm, stellate to linear-lanceolate with expanded base, bicolorous, pale brown with dark brown center, marginally ciliate; medial pinnae 2–3.3 x 0.4–0.7 cm, suprabasal in insertion, oblong to narrowly triangular-oblong, perpendicular to rachis, the base acroscopically rounded in sterile pinnae to cuneate in fertile pinnae, not overlapping to rachis, the acroscopic lobe deltate in sterile pinnae to acute in fertile pinnae, the apex rounded in sterile pinnae and acute in the fertile ones;

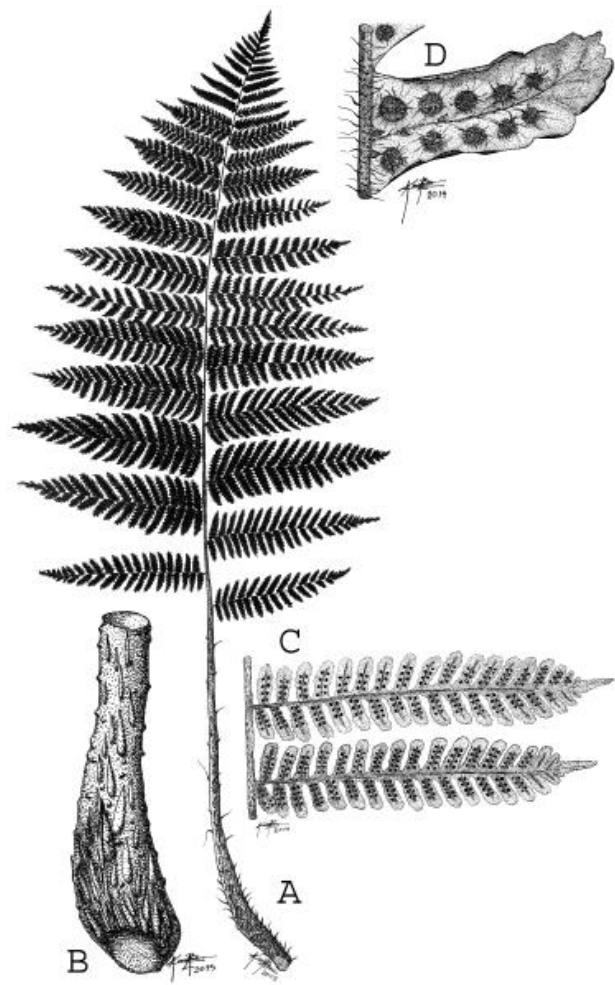


Figure 2. A–D. *Cyathea x robusta* (A. Rojas & J. Chaves 8985, CR). A. Frond. B. Stipe base. C. Pinnae detail. D. Segment detail.

blade glabrous dorsally, sparsely hairy abaxially, the hairs 0.2–0.4 mm in diameter, dark brown, stellate (sometimes reduced to resinous dots); sori submarginals, sometimes located in the internal lobes of the margin; indusia 0.6–1.2 mm, circular, markedly cordiform at basal side, inserted basally, marginally entire, the insertion point blackish, the rest brown-reddish and finally with a broad pale brown margin.

Distribution. Known only from Cocos Island in Costa Rica at 500–634 m.

Etymology. The name of the new species make reference to the type locality in Cocos Island.

Additional revised specimens. COSTA RICA. Puntarenas: Puntarenas, Isla del Coco, Parque Nacional Isla del Coco, sendero a Cerro Iglesias, en la parte baja entre Cerro Pelón y Cerro Iglesias, 5°31'50"N,

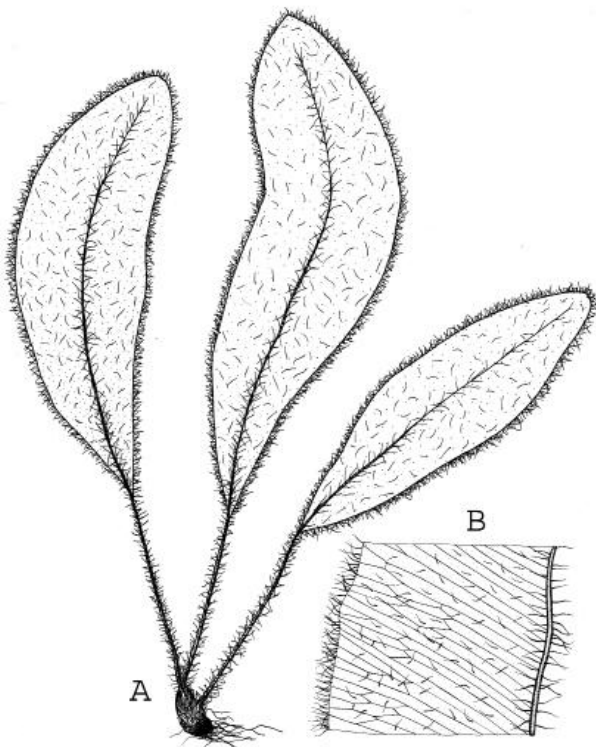


Figure 3. A–B. *Elaphoglossum* × *intermedium* (A. Rojas & C. Herrera 9281, CR). **A.** General aspect of type specimen. **B.** Blade detail.

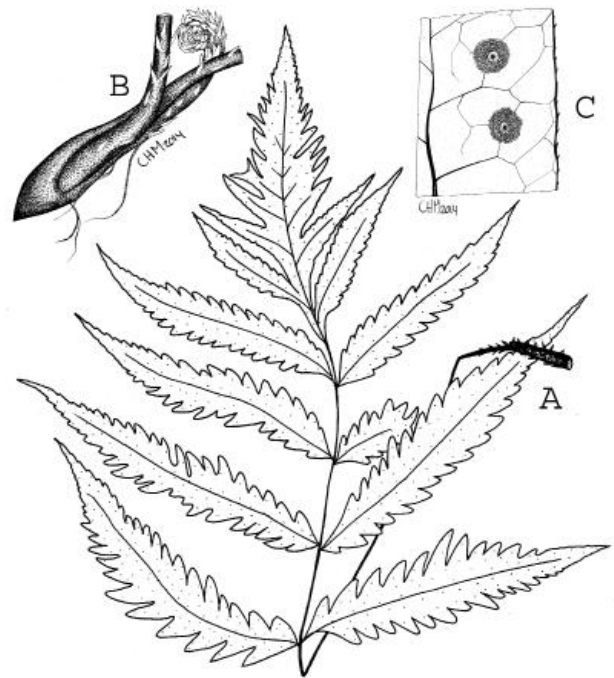


Figure 4. A–C. *Tectaria* × *epilithica* (A. Rojas 8211, CR). **A.** Fronds. **B.** Rhizome detail. **C.** Blade detail.

Character	<i>C. alfonsiana</i>	<i>C. × robusta</i>	<i>C. notabilis</i>
Trunk tall (m)	1.5–2.5–7	2–2.7	1–2.5
Trunk diameter (cm)	6–10	5–7 cm	4–6
Fronds length (m)	1–1.5	1.5–1.7	1–1.7
Size of stipe scales (mm)	3–8 (–12) × 0.8–1.5	8–15 × 1.5–2.5 (–3)	10–20 × 2.5–5
Form of stipe scales	Linear–lanceolate	Narrowly lanceolate to linear–lanceolate	Ovate to lanceolate
Color of central portion of rhizome scales	light brown to brown	Dark brown	Blackish
Medial pinnae size (cm)	25–35 × 7–14	(30–) 42–61 × (9–) 12–22	22–30 × 6–8
Veins per segment	7–10 pairs	6–8 pairs	5–7 pairs
Veins division	1–(2) bifurcate	bifurcate (the basal ones) and single (the end ones)	single
Paraphysis length (relation with respect to sporangia)	1–2 times	1.5–2.5 times	(1.5–) 3–4 times

Table 1. Morphological comparison among *Cyathea* × *robusta* and the putative progenitors: *C. alfonsiana*, and *C. notabilis*.



Figure 5. Living plants of *Nephrolepis cocosensis*

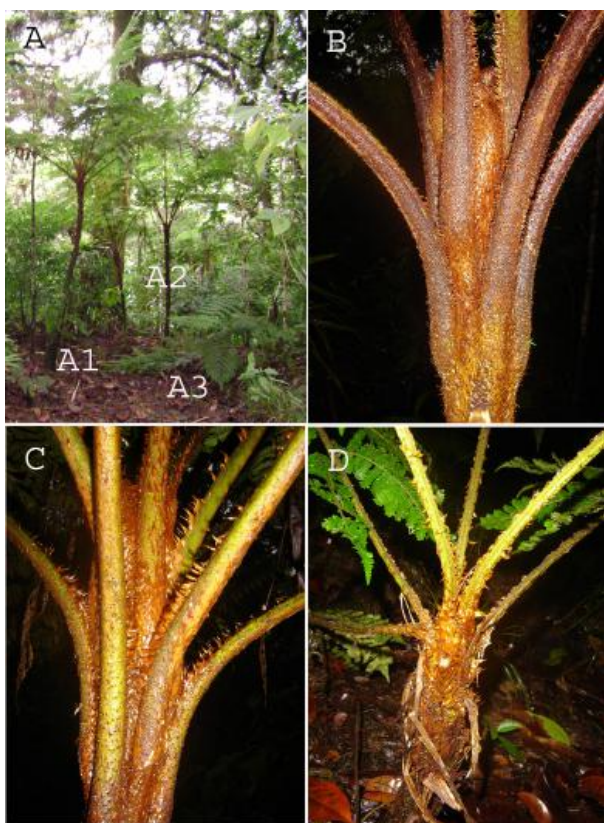


Figure 6. *Cyathea alfonsiana*: A2. Living plant. B. Trunk detail. C. *x robusta*: A1. Living plant. C. Trunk detail. C. *notabilis*: Living plant. D. Trunk detail.

87°04'50"W, 500–520 m, 8 ene 2010, A. Rojas & J.M. Chaves 8950 (CR, K, MO); *ibidem*, sendero a Cerro Iglesias, en la parte baja entre Cerro Pelón y Cerro Iglesias, 5°31'50"N, 87°04'50"W, 500–520 m, 31 dic 2010, A. Rojas & C. Herrera 9279 (CR, MO); Parque Nacional Isla del Coco, 5°31.421'N, 87°04.438'W, 29 Jan 2002, J. Trusty & H. Kesler 275 (CR); Parque Nacional Isla del Coco, 5°31.316'N, 87°04.470'W, 4 feb 2002, J. Trusty & H. Kesler 366 (CR).

Observations. *Nephrolepis cocosensis* differs from *N. rivularis* because it has terrestrial habitat (vs. commonly epiphytic), smaller (35–62 cm long vs. 50–142 (–165) cm) fronds, smaller (2–3.3 cm long vs. 2.8–6.7 cm) pinnae and they perpendicular to rachis (vs. falcate, or at less the distal ones), pinnae marginally lobed to bilobed distally (vs. with entire base and serrate to rarely biserrate apex); rachis scales pale brown, with the insertion points dark brown (vs. rachis scales dark brown to blackish centrally), sometimes with teeth pale (vs. brown); sori submarginal, a lot of times in the internal lobe of each segments (vs. medial); indusia cordiform basally attached (vs. peltate with a slight sinus in the basal side), pale brown with the attached point dark brown (vs. dark brown to blackish with a thin pale brown margin); smaller (0.2–0.4 mm in diameter vs. 0.5–1.2 mm) blade scales, sometimes reduced to a resinous dots (vs. sometimes deciduous) (see fig. 1 and 5).

Cyathea x hybrida A. Rojas, **nothosp. nov.** (fig. 2).

TYPE. COSTA RICA. Puntarenas: Puntarenas, Isla del Coco, Parque Nacional Isla del Coco, Los Llanos, en el sendero a Cerro Iglesias, 5°32'05"N, 87°03'40"W, 240–260 m, 23 ene 2010, A. Rojas & J. Chaves 8985 (holotype: CR; isotypes: USJ, MO).

Diagnoses. *Cyathea x robusta* differs from *C. alfonsiana* L.D. Gómez by its relative smaller trunk, longer fronds, bigger rhizome scales, bigger pinnae and relative longer paraphyses with respect to sporangia.

Description. Trunk 2–2.7 m tall, 5–7 cm in diameter, with scar of deciduous fronds; rhizome scales (5–) 10–15 x (1–) 2–3 mm, narrowly lanceolate to linear-lanceolate, appressed ventrally and patent dorsally, marginally entire; fronds 1.5–1.7 m long; stipe 45–62 cm long, stramineous to brown basally, densely muricate, ventrally with squamules 0.2–0.5 mm, stellate to ovate, brown, concolorous, marginally dentate to ciliate; stipe scales 8–15 x 1.5–2.5 (–3) mm, linear-lanceolate, gold to brown, sometimes with dark brown center; blade 90–115 x (60–) 80–120 cm, 2-pinnate-pinnatifid to 3-pinnate-lobulate, apically pinnatifid; rachis stramineous to pale brown, covered by squamules similar to stipe ones; pinnae sessile or pediculate, the pedicel to 1 cm long; medial pinnae (30–) 42–61 cm long; costa squamulose and hairy, the squamules 0.3–0.7 (–1) x 0.2–0.5 mm, ovate, brown-gold, the hairs 0.3–0.7 (–1) mm long, pale yellowish, moderately appressed, antrorse and very dense in the adaxial surface, patent with curved

Character	<i>E. alvaradoanum</i>	<i>E. × intermedium</i>	<i>E. crinitum</i>
Rhizome diameter (mm)	3–5	3–5	4–10
Frond size (cm)	(15–)24–42	30–51	(25–) 35–80
Stipe size (relation with the frond length)	(1/5–)1/10–1/20	ca. 1/4	Ca. 1/2
Blade form	Narrowly oblanceolate	Oblanceolate	Broadly elliptic
Blade broad (cm)	(2.8–)3.5–4.9 cm	(8–) 10–20 cm	6–9 cm
Blade texture	Chartaceous	Chartaceous	Coriaceous
Blade ends	Attenuate at the base, acuminate at the apex	Basally cuneate, apically obtuse	Rounded at both ends
Long of blade scales (mm)	3–5	2–5	4–10
Veins	Free	Partially reticulate	Reticulate

Table 2. Morphological comparison among *Elaphoglossum × intermedium* and the putative progenitors: *E. alvaradoanum* and *E. crinitum*.

apex, retrorse and moderately sparse in abaxial surface, apically sometimes twisted; pinnulae (4.5) 6–11 x (1.3–) 1.7–2.1 cm, sessile; segments of medial pinnae 10–15 pairs, 3–5 mm broad, serrate (at less in the apex) to pinnatifid; costulae scaly and hairy, with squamules in the basal part similar to the costal ones, the scales 1–2 x 0.7–1.5 mm, ovate, gold, flat, entire, the hairs 1–1.5 mm long, similar to the costal ones; central vein of segments scaly and hairy, the scales ca. 1 x 0.5–0.8 mm, ovate, bullate, brown-gold, entire; veins 6–8 pairs per segment, bifurcate (the basal ones) and single (the terminal ones), hairy, the hairs yellowish to whitish; lamina glabrous between the veins; sori medial; paraphyses 1–2 mm long, 1.5–2.5 times longer than the sporangia, conspicuous, colorless to pale yellow; indusia absent.

Distribution. Known only from Cocos Island in Costa Rica at 200–400 m.

Etymology. The name of the new nothospecies refers to its hybrid condition.

Additional revised specimens. COSTA RICA. Puntarenas: Puntarenas, Isla del Coco, Parque Nacional Isla del Coco, camino a Cerro Iglesias, Los Llanos, 5°32'00"N, 87°03'50"W, 200–400 m, 19 nov 2007, A. Rojas 8163 (CR, K, MO); *ibidem*, Bahía Chatham, costado E hasta la fila arriba de Quebrada Morgan, 5°33'00"N, 87°02'30"W, 50–200 m, 21 nov 2007, A. Rojas 8175 (CR, K, MO).

Observations. *Cyathea × robusta* differs from *C. alfonsiana* by its relative smaller (2–2.7 m vs.

(1.5–) 2.5–7 m) trunk, longer (1.5–1.7 m long vs. 1–1.5 m); bigger (8–15 x 1.5–2.5 (–3) mm x 3–8 (–12) x 0.8–1.5 mm) rhizome scales, smaller ((30–) 42–61 x (9–) 12–22 cm vs. 25–35 x 7–14 cm) pinnae and relative longer (1.5–2.5 times vs. 1–2 times) paraphysis with respect to sporangia. Also differs from *C. notabilis* by its relative smaller (8–15 x 1.5–2.5 (–3) mm vs. 10–20 x 2.5–5 mm) rhizome scales, smaller ((30–) 42–61 x (9–) 12–22 cm vs. 22–30 x 6–8 cm) pinnae and relative smaller (1.5–2.5 times vs. (1.5–) 3–4 times) paraphysis with respect to sporangia. Additionally, the number of veins pairs per segment and degree of division are intermediate between the putative progenitors (see fig. 2 and 6; tab. 1).

Elaphoglossum × intermedium A. Rojas, **nothosp. nov.** (fig. 3).

TYPE. COSTA RICA. Puntarenas: Puntarenas, Isla del Coco, Parque Nacional Isla del Coco, Meseta Occidental, en los nacientes de Quebrada Albatros, 5°31'15"N, 87°04'40"W, 350–400 m, 1 ene 2011, A. Rojas & C. Herrera 9281 (holotype: CR; isotype: MO).

Diagnoses. *Elaphoglossum × intermedium* differs from *E. alvaradoanum* A. Rojas because has proportionately longer stipe, oblanceolate and broader blade, it with cuneate base and obtuse apex and, partially reticulate veins.

Description. Epiphytic; rhizome 3–5 mm in diameter, compact, ascending; rhizome scales 10–15 x ca. 1 mm, linear, orange–brown, opaque,



Figure 7. Living plants of: **A.** *Elaphoglossum alvaradoanum*; **B.** *E. x intermedium*. **C.** *E. crinitum*.

flaccid, marginally dentate; fronds 30–51 cm long, arching; phyllopodium 1–2 cm long, brown, scaly, the scales 5–10 x 0.3–0.8 mm, orange–brown, marginally entire to dentate, flat; stipe 8–13.5 cm long, ca. 1/4 of the frond length, yellowish to stramineous, scaly, the scales 3–8 x 0.2–0.5 mm, subulate, inrolled basally, pale brown to dark brown, dense, marginally entire; blade 22–28 x 6–9 cm, oblanceolate, basally cuneate, apically obtuse; costa stramineous, scaly on both surfaces, more dense abaxially, the scales 3–6 x 0.2–0.4 mm, linear–lanceolate to linear, brown, marginally entire to denticulate basally; margin and both surfaces scales 2–5 x 0.1–0.3 mm, linear–lanceolate, brown, more dense in the margin; veins 1–3–furcate, rarely and irregularly fused forming areoles, 1.5–2 mm distant, in angle of 60–70° with respect to the costa; fertile fronds not seen.

Distribution. Known only from Cocos Island in Costa Rica at 350–400 m elevation.

Etymology. The name of the new nothospecies refers to its intermediate morphology between the putative progenitors.

Observations. *Elaphoglossum x intermedium* differs from *E. alvaradoanum* because it has a longer (ca. 1/4 of the frond length vs. (1/5–) 1/10–1/20) stipe, oblanceolate (vs. narrowly oblanceolate) and broader (6–9 cm vs. (2.8–) 3.5–4.9 cm) blade



Figure 8. Living plants of: **A.** *Tectaria incisa*; **B.** *T. x epilithica*. **C.** *T. mexicana*.

with a cuneate (vs. attenuate) base and obtuse (vs. acuminate) apex and partially reticulate (vs. free) veins. Also is similar to *E. crinitum* (L.) Christ, however the hybrid differs in proportionally shorter (ca. 1/4 of the frond length vs. ca. 1/2) stipe, oblanceolate (vs. broadly elliptic) and narrower (6–9 cm vs. 8–) 10–20 cm) blade, it with cuneate (vs. rounded) base and obtuse (vs. rounded) apex and partially reticulate (vs. completely reticulate) veins. Additionally, the thickness of rhizome, fronds size and blade scale size are intermediate between the putative progenitors (see fig. 3 and 7; Table 2).

Elaphoglossum x intermedium is a hybrid between subsection *Apoda* Mickel & Atehortúa and subsection *Hymenodium* (Fee) Christ, showing that subsections in sect. *Polytrichia* Christ are closely allied, corroborated by Rouhan et al. (2004) in the figure 2 of their phylogenetic analysis; however, Rojas (2003) showing that sect. *Polytrichia* is more diverse and complicated than previously mentioned.

Tectaria x epilithica A. Rojas, **nothosp. nov.** (Fig. 4).

TYPE. COSTA RICA. Puntarenas: Puntarenas, Isla del Coco, Parque Nacional Isla del Coco, cuenca de la Bahía Iglesias, 5°31'00"N, 87°03'55"W, 75–150 m, 26 nov 2007, A. Rojas 8211 (holotype: CR; isotypes: K, US, USJ, MO).

Diagnoses. *Tectaria x epilithica* differs from *T. incisa* Cav. by bigger rhizome scales, relatively

Character	<i>T. incisa</i>	<i>T. × epilithica</i>	<i>T. mexicana</i>
Size of rhizome scales (mm)	0.7–1.5 x 0.5–1	1.5–3.5 x 0.5–1.2	3–7 x 1–2
Blade size (cm)	30–70 (–100) x 30–60	60–85 x 60–75	(20–) 25–50 x 20–50
Blade form	Oblong to ovate-oblong	Deltate	Deltate
Blade division	1-pinnate	1-pinnate-lobulate to 2-pinnate-lobulate basally	2-pinnate-pinnatifid to 3-pinnate basally
Size of basal pinnae (cm)	12–18(–30) x 2–8	30–40 x 10–20	10–30 x 5–20
Blade indument	Glabrous in both surfaces	Glabrous in both surfaces, except sparsely ciliate marginally	Hairy in both surfaces or glabrous abaxially, sparsely ciliate marginally

Table 3. Morphological comparison among *Tectaria × epilithica* and the putative progenitors: *T. incisa*, and *T. mexicana*.

larger, deltate and more dissected blade, bigger basal pinnae and sparsely ciliate blade marginally.

Description. Rhizome 10–20 mm in diameter, erect, ascending; rhizome scales 1.5–3.5 x 0.5–1.2 mm, lanceolate, dark brown, glabrous, marginally erose to ciliate; stipe 50–78 cm long, 2/5–1/2 of the frond size, brown to atropurpureous basally, glabrous to sparsely hairy principally in adaxial side, basally scaly, the scales 2–5 x 1–2 mm, lanceolate, brown, glabrous; blade 60–85 x 60–75 cm, deltate, 1-pinnate-lobulate to 2-pinnate-lobulate basally, without bud; apical segment deltate to lanceolate, basally cuneate, apically acute, pinnatifid; 4–6 pinna pairs, opposite or subopposite, lobed to pinnate-lobed (the basal ones), the other ones decurrent; basal pinnae 30–40 x 10–20 cm, deltate, inequilateral, with the basisopic side to three times the acroscopic side; pediculate, the pedicle 0.7–1.5 cm long in the acroscopic side and 1.5–3.2 cm in the basisopic side, the basal basisopic pinnulae 10–20 cm long, lobulate; medial pinnae 25–40 x 4–10 cm, oblong, basally cuneate, apically acute to acuminate; rachis brown, hairy, the hairs 0.1–0.2 mm long, hyaline to brown, moderate to very dense dorsally, absent to very sparse ventrally; costae stramineous to brown basally, densely hairy dorsally, the hairs pale to dark brown, patent; segments 1–4 cm long, apically acute to obtuse; veins reticulate, with few free veins included; lamina glabrous on both surfaces, except by hairs 0.1–0.2 mm long, patent, marginally sparsely ciliate; sori rounded, medial, in a row at each side of the central vein of each segment; indusia circular, peltate, glabrous, marginally entire.

Distribution. Known only from Cocos Island in Costa Rica at 75–150 m elevation.

Etymology. The name of the new nothospecies refers to its epilithic habitat.

Observations. *Tectaria × epilithica* differs from *T. incisa* by bigger (1.5–3.5 x 0.5–1.2 mm vs. 0.7–1.5 x 0.5–1 mm) rhizome scales, relatively larger (60–85 x 60–75 cm vs. 30–70 (–100) x 30–60 cm), deltate (vs. oblong to ovate-oblong) and more dissected (1-pinnate-lobulate to 2-pinnate-lobulate basally vs. 1-pinnate) blade, bigger (30–40 x 10–20 cm vs. 12–18(–30) x 2–8 cm) basal pinnae and sparsely ciliate (vs. completely glabrous) blade marginally. Also differs from *T. mexicana* by its relative smaller (1.5–3.5 x 0.5–1.2 mm vs. 3–7 x 1–2 mm) rhizome scales, bigger (60–85 x 60–75 cm vs. 20–) 25–50 x 20–50 cm) and less dissected (1-pinnate-lobed to 2-pinnate-lobed basally vs. 2-pinnate-pinnatifid to 3-pinnate basally) blade, bigger (30–40 x 10–20 cm vs. 10–30 x 5–20 cm) basal pinnae and glabrous (vs. hairy) blade surfaces. (see fig. 4 and 8; Table 3).

Acknowledgments

Thanks the curators of the herbaria of the Museo Nacional de Costa Rica (CR), Missouri Botanical Garden (MO), herbario de la Universidad de Costa Rica (USJ) and National Museum of Natural History herbarium (US) for specimen loans, to Weston Testo for reviewing the English translation, to Christian Herrera Martínez and Karen Bermúdez Barrantes for the excellent illustrations, and the anonymous reviewers for their helpful suggestions.

References

Adams, C.D. (1992). Eleven new species, a new variety, and a new varietal combination in the fern genera

- Asplenium* and *Diplazium* in Central America. *Novon*, 2, 290–298.
- Fosberg, F.R. & W.L. Klawe. (1966). Preliminary list of plants from Cocos Island. In: R. I. Bowman (ed.). *The Galápagos: Proceeding of the Symposia of the Galápagos International Scientific Project*. Univ. Calif. Press. Berkeley, California.
- Gómez, L.D. (1971). Two new tree ferns from Costa Rica. *Amer. Fern J.*, 61, 166–170.
- Gómez, L.D. (1975a). Contribuciones a la Pteridología Costarricense. VII. Pteridofitos de la Isla Cocos. *Brenesia*, 6, 33–48.
- Gómez, L.D. (1975b). The ferns and Fern-allies of Cocos Island, Costa Rica. *Amer. Fern J.*, 65 (4), 102–104.
- Gómez, L.D. (1976). Contribuciones a la Pteridología Costarricense. X. Nuevos pteridofitos de la Isla de Cocos. *Brenesia*, 8, 97–101.
- Gómez, L.D. & Arbeláez, A.L. (2009). *Flora de Nicaragua*. Tomo IV: helechos. Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, USA. 348 p.
- Hemsley, W.B. (1882–1886). *Botany*, vol. 3. In: F. D. Godman y O. Salvin (eds.). *Biología Centrali-Americana*.
- Lellinger, D.B. (1989). The ferns and fern-allies from Costa Rica, Panama, and the Chocó.
- Moran R.C. & Riba, R. (eds.). (1995). *Flora Mesoamericana*. Vol.1. Psilotaceae a Salviniaceae. Universidad Nacional Autónoma de México. 470 p.
- Robinson, B.L. (1902). Contributions from the Grey Herbarium of Harvard University. New Series. No. 24. *Flora of the Galápagos Islands*. *Proc. Amer. Acad. Sci.*, 38(4), 77–269.
- Rojas, A.F. (1996). Aportes a la Flora Pteridophyta Costarricense. II. Taxones nuevos. *Brenesia*, 45–46, 33–50.
- Rojas, A.F. (2001a). Seis especies nuevas y dos nuevos registros de helechos (Pteridophyta) para Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 49 (2), 435–452.
- Rojas, A.F. (2001b). Nuevas especies, nombres nuevamente utilizados y nuevas distribuciones en los helechos arborescentes (Filicales: Cyatheaaceae) para el neotrópico. *Rev. Biol. Trop.*, 49 (2), 453–466.
- Rojas, A.F. (2003). New taxa in the *Elaphoglossum* sect. *Elaphoglossum* subsect. *Pachyglossa* (Lomariopsidaceae) from Mexico and Central America. *Rev. Biol. Trop.*, 51 (1), 1–32.
- Rojas, A.F. (2004). Una especie nueva de *Hymenophyllum* y una variedad de *Trichomanes collariatum* Bosch (Filicales: Hymenophyllaceae) para Costa Rica. *Lankesteriana*, 4(2), 147–152.
- Rojas, A.F. (2011). New species and new records of ferns (Pteridophyta: Polypodiales) from Cocos Island, Costa Rica. *Brenesia*, 75–76, 7–15.
- Rojas, A.F. (2013a). Novelties in *Grammitis* Sw. and *Stenogrammitis* Labiak (Polypodiaceae) from Costa Rica, Colombia, and Venezuela. *Actual. Biol.*, 35 (98), 5–10.
- Rojas, A.F. (2013b). Notas taxonómicas en *Danaea* Sm. (Marattiaceae) para Costa Rica, Panamá y Colombia. *Actual. Biol.*, 35 (98), 11–20.
- Rojas, A.F. & Trusty, J. (2004). Diversidad Pteridofítica de la Isla del Coco, Costa Rica. *Brenesia*, 62, 1–14.
- Rouhan, G., Dubuisson, J., Rakotonrainibe, F., Motley, T.J., Mickel, J.T., Labat, J. & Moran, R.C. (2004). Molecular phylogeny of the fern genus *Elaphoglossum* (Elaphoglossaceae) based on chloroplast non-coding DNA sequences: contributions of species from the Indian Ocean area. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 33 (2004), 745–763.
- Smith, A.R. & D.B. Lellinger. (1985). New tropical American species of *Thelypteris* (Pteridophyta). *Proc. Soc. Wash.*, 98 (4), 916–930.
- Stewart, A. (1912). Expedition of the California Academy of Sciences to the Galápagos Islands. 1905–1906. V. Notes of the botany of Cocos Island. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, fourth ser., vol. 1, 375–404.
- Svenson, H. (1938). Pteridophyta of the Galápagos and Cocos Islands. *Bull. Torrey Bot. Club* 65, 303–333.

Functional ecology of fronds in Iberian saxicolous ferns

Andrea Seral¹; Antonio Murciano²; Sonia Molino¹; Pablo de la Fuente¹; José M^a Gabriel y Galán¹

¹ Department of Plant Sciences I, Faculty of Biology, Universidad Complutense. Avda. Jose Antonio Nováis, 12. 28040-Madrid, Spain. "Biodiversity and Taxonomy of Cryptogamic Plants" Research Group, UCM.

² Department of Applied Mathematics (Biomathematics), Faculty of Biology, Universidad Complutense. Avda. Jose Antonio Nováis, 12. 28040-Madrid, Spain. "Neural Plasticity, IdISSC" and "Neuro-computing and Neuro-robotics" Research Groups, UCM.

Correspondencia

J.M. Gabriel y Galán

e-mail: jmgabrie@ucm.es

Recibido: 15 septiembre 2017

Aceptado: 26 octubre 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Abstract

Nowadays, functional traits are widely used to study autoecological aspects in plant species. The analysis of these traits among climatic gradients allows us to know the strategy that plants follow depending on resource availability. Referring to plants, the traits measured in the leaves have a special importance; among these traits we can find SLA (Specific Leaf Area), LDMC (Leaf Dry-Matter Content) and LT (Leaf Thickness). In this work, these traits are measured in four species of the genus *Asplenium*. As extremes of a climatic gradient, we have focused our study in both bioclimatic regions existing in the Iberian Peninsula. Taking into account the differences referring to the resource availability for the species in each region, the main goal of this work is analysing the variations of the three functional traits mentioned in the four species in both locations and associate these variations to macroclimatic variables. To this aim, fronds from the four species were collected in populations of each bioclimatic region to determine the fresh weight, dry weight and the foliar area. From these variables, we calculated the three functional traits. The results have shown that ferns adopt higher productive yields in the Mediterranean region (higher SLA values) and lower LDMC and LT values than in the Eurosiberian region. As to the climate variables effects, the average of the maximum temperatures in the warmest month (TMAX) is the variable that better explains the differences in the productive yield that the plants adopt in each region. On the other hand, annual precipitation seems not to play an important role on any of the functional traits in any of the species. Finally, we didn't find a generalized tendency in the effects of the extern variables: frozen period, minimum temperatures in the coolest month and arid period.

Key words: Bioclimatic Region, Ecology, Eurosiberian Region, Fronds, LDMC, LT, Mediterranean Region, SLA.

Resumen

Ecología funcional de las frondas de helechos rupícolas en la Península Ibérica.

En la actualidad los rasgos funcionales son ampliamente utilizados para conocer aspectos autoecológicos de las especies vegetales. El análisis de estos rasgos a través de gradientes climáticos permite conocer la estrategia que siguen los vegetales según cual sea la disponibilidad de recursos. En plantas tienen especial importancia los rasgos medidos en las hojas, entre estos rasgos se encuentran el SLA (Specific Leaf Area), LDMC (Leaf Dry-Matter Content) y LT (Leaf Thickness). En este trabajo estos rasgos son medidos en cuatro especies del género *Asplenium*. Como extremos de un gradiente climático hemos centrado nuestro estudio en las dos regiones bioclimáticas de la Península Ibérica. Teniendo en cuenta las diferencias en cuanto a los recursos que cada región aporta a las especies que en ellas viven, el objetivo principal de este trabajo es analizar las variaciones de los tres rasgos mencionados en las cuatro especies de helechos en las dos

localizaciones y asociar estas variaciones a variables macroclimáticas. Para ello se recolectaron frondas de las cuatro especies en poblaciones de cada región bioclimática para determinar el peso fresco, el peso seco y el área. A partir de estas variables se calcularon los tres rasgos funcionales. Los resultados han mostrado que los helechos adoptan un rendimiento productivo mayor en la región mediterránea (mayores valores de SLA) y menores valores de LDMC y LT que en la región eurosiberiana. En cuanto a los efectos que ejercen las variables climáticas, la temperatura media máxima del mes más cálido (TMAX) se presentan como la variable que mejor explica las diferencias en el rendimiento productivo que las especies adoptan en cada región. Por otro lado, la precipitación anual no parece jugar un papel importante sobre ninguna variable funcional de ninguna de las especies. Finalmente, no encontramos una tendencia generalizada en los efectos de las variables extremas: periodo de heledadas, temperaturas medias mínimas del mes más frío y periodo árido.

Palabras clave: Ecología, Frondas, LDMC, LT, Región Bioclimática, Región Eurosiberiana, Región Mediterránea, SLA.

Introduction

Nowadays, functional traits are widely used as adaptation indicators to environmental conditions in plants. These traits can be defined as morphological, structural, biochemical or physiological characteristics which are considered important not only to understand this adaptation, but also to understand how species influence in ecosystem processes (Violle et al. 2007). It is known that these traits present inter and intraspecific variations, that allow us to extract ecological conclusions of the comparison of those functional traits in different species living under similar environmental conditions (Chen et al. 2011; Vasheka et al. 2017). Also, we can compare these traits in individuals of the same species living under different environmental conditions.

Considering the existence of natural resources gradients (generated by variations of edaphic and climatic conditions among others), the “resource use” axis has been defined, which allows to appreciate functional traits variations in plants following the mentioned gradients (Grime et al. 1997; Wilson et al. 1999). Therefore, this resource use axis allows understanding, by the observation of certain functional traits, the adaptation of plants to rich (non-limiting) or poor (limiting) environments in resources. One of the most interesting aspects in the biological, ecological and biogeographical studies of plants is their relationship with the climate, issue that has called the attention of the botanists since long time ago (Went, 1950). In this point, the variation in climate variables can be appreciated as one important environmental gradient, which affects strongly to vegetal productivity and, allows

detecting the different strategies of exploitation of resources by the different species.

Due to the natural condition of plants, foliar functional traits are greatly important variables for the study of the adaptation to climatic gradients and differences between climatic variables. Among those traits, the specific leaf area (SLA), the leaf dry matter content (LDMC) and the leaf thickness (LT) stand out. Along this axis, ranging for higher to lower resources value, it is expected a decrease of the SLA and an increase of LDMC and LT.

Although the major occurrence of ferns is in tropical areas, they can be easily found in almost all terrestrial temperate communities (Mehltreter et al. 2010). In the Iberian Peninsula ferns are especially important in forests and in saxicolous communities (Given, 1993; Ferrer & Vetaas, 2005; Moreno & Lobo, 2008). Within the saxicolous fern communities, the species of the genus *Asplenium* L. are particularly well represented.

The Iberian Peninsula presents two different biogeographical regions: the Mediterranean Region, which is characterized mainly by its less rainfall and the existence of a more or less prolonged arid period; the Eurosiberian Region, which is characterized in general by its higher rainfall and the absence of arid period (Rivas Martínez, 1987). This great variation in climatic conditions could be seen as extremes of an ecological gradient within a moderately limited geographical area. Thus, considering the climate characteristic of each region exposed here, it can be said that those zones with Mediterranean macroclimate are comparatively more limiting regarding to temperature and water resources (Grime et al. 1997; Wilson et al. 1999). It is expected that the

individuals living under Mediterranean conditions will adopt more conservative characters (higher LDMC and LT values) and lower SLA comparing to those individuals living under Eurosiberian conditions. These assumptions derive from the water resources limitation that plants have to deal with in the Mediterranean locations, as water is usually one of the factors which that most limits production in terrestrial plants (Galmés et al. 2007; Galmés et al. 2013; Joffre et al. 1999) and is also the factor that most often determines character selection in plants (Terradas, 2001). Faced to water stress, vegetal productivity will be limited and plants will adopt strategies to retain the resources.

The main goal of this work is to analyse the variation of frond functional traits in *Asplenium* species under to different macroclimatic conditions. We specifically aim to: a) characterise the functional traits in the selected species b) Explain the expected variations in the foliar functional traits in relation to bioclimatic conditions.

Material and methods

Biological material, area of study and climatic variables

We selected the following species: *Asplenium trichomanes* L., *Asplenium ceterach* L., *Asplenium adiantum-nigrum* L. and *Asplenium billotii* F.W. Schultz (Salvo, 1990) (Figure 1). These species are largely distributed in the Iberian Peninsula and share a series of common ecological characteristics, being able to deal with certain grade of soil drought and high insolation, although *A. billotii* and *A. adiantum-nigrum* present a higher requirement in humidity and substrate depth (Salvo, 1990).

The samples of the selected species were prospected from different populations in the two bioclimatic regions. We sampled 370 fronds of saxicolous ferns (coming from 104 individuals): 204 of those were prospected in population with a Mediterranean location and 166 in populations with Eurosiberian location. Appendix 1 shows the

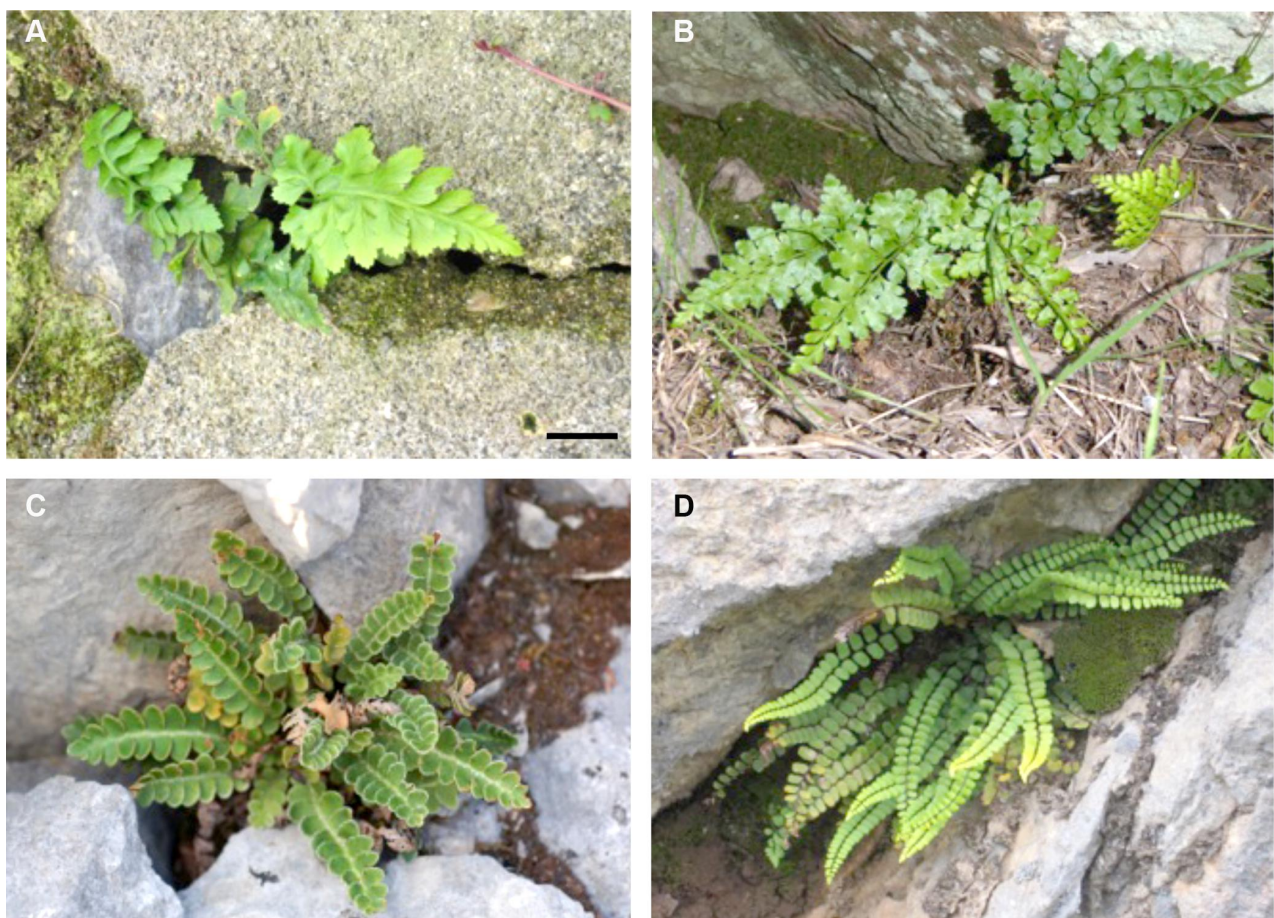


Figure 1. Species of saxicolous ferns of the genus *Asplenium* selected in this study. **A)** *Asplenium adiantum-nigrum*. **B)** *Asplenium billotii*. **C)** *Asplenium ceterach*. **D)** *Asplenium trichomanes*. **Figura 1.** Especies de helechos rupícolas del género *Asplenium* seleccionadas en este estudio. **A)** *Asplenium adiantum-nigrum*. **B)** *Asplenium billotii*. **C)** *Asplenium ceterach*. **D)** *Asplenium trichomanes*.

Specie	<i>A.adiantum-nigrum</i>	<i>A.billotii</i>	<i>A.ceterach</i>	<i>A.trichomanes</i>
Number of fonds euro	46	23	58	43
Numer of individuals euro	11	7	13	12
Numer of fronds med	19	46	77	58
Numer of individuals med	5	17	18	21

Table 1. Number of fronds and individuals collected of each species in each of both bioclimatic regions. **Tabla 1.** Número de frondas y de individuos recolectados por especie en cada una de las dos regiones bioclimáticas.

sampling locations per species, with basic voucher information. The number of individuals and fronds collected from each species and region is shown in table 1.

As functional traits, we selected SLA, LDMC and LT. Specific leaf area (SLA) is a variable related to the relative rate of growth in plants and is related negatively with its longevity (Poorter & de Jong, 1999; Reich et al. 1997). This variable is related to foliar area and dry weight of leaves, and is expressed in $m^2 \cdot Kg^{-1}$. The variable LDMC is a trait related to the density of the leaves, and is related to nutrient retention of the plant (Garnier et al., 2004). This variable relates dry weight of the leaves (mg) and fresh weight when the leaves are completely saturated with water (g) and so, is expressed in $mg \cdot g^{-1}$. The last variable, LT, refers to leaf thickness (μm), in this work it will be estimated from the other variables mentioned (Vile et al. 2005).

To define each locality, five climatic variables were used. These variables were: TMAX, average of maximum temperatures in the warmest month ($^{\circ}C$); PA, annual precipitation (mm); TMIN, average of minimum temperatures in the coldest month ($^{\circ}C$); PAR, arid period (counting those months with $P < 2TMA$) and PH, frozen period (number of months in which the average of the minimum temperatures $< 0^{\circ}C$). The RegBio factor was also used, with two levels (Eurosiberian and Mediterranean). The data of the macroclimate variables were taken from SIGA (Information System, Ministerio de Agricultura, Spain) selecting the climatic station closet to the sampling point.

Field and laboratory protocol

The samples were collected in spring and autumn during the last four years. On those localities where the collection was no possible, we used herbarium samples estimating the fresh weight through linear regression from our empiric data. Because the saxicolous ferns distribution is

not random, the collection of the individuals was carried out in a systematic way. In each location, three well-developed fronds from at least three individuals, were randomly selected (fronds non-developed, in state of senescence or sick were never selected). The number of individuals and fronds used is adjusted to the protocol proposed by Pérez et al. (2013).

Considering that the interest of this work is focused in analyse the variations in frond traits related to productivity, sexual structures (sporangia and spores) were removed before weighting.

The measurements of the variables were done following the standard methods previously established (Pérez et al. 2013). In the field, the measurements of fresh weight were done as far as it was possible. If it was not, the frond was placed with a wet paper in plastic bags trying to minimize the possible water lose. In the laboratory, fronds were placed in a fridge no more than 24 hours before carrying out the process. After that, the fronds were scanned in order to obtain its area with the software ImageJ (Rasband, 2007). To carry out the measurements of dry weight, fronds were placed in a heater during 48 hours at $70^{\circ}C$ - $80^{\circ}C$. The measurements of dry and fresh weight were done with a scale with 0,001g of precision.

Statistical treatment

In order to carry out the normality analysis of the variables, the test of Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) was used. The functional traits SLA, LDMC and LT for the group of the saxicolous ferns did not follow a normal distribution (p -value $< 0,05$), and they did not present homogeneity of variances either, neither before nor after realizing the pertinent transformations. For this reason, in order to carry out the comparison of the averages in the three functional traits between both regions, the statistical test U Mann-Whitney was used (one for each trait). However, all the variables followed

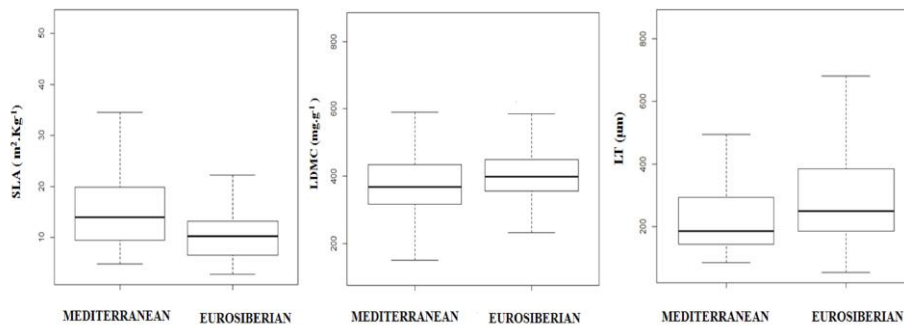


Figure 2. Box-and-whisker plots for SLA Specific leaf area), LDMC (Leaf dry-matter content) and LT (Leaf thickness) of saxicolous ferns' fronds in both Iberian bioclimatic regions. Each graphic show the average value in both regions of one trait. There are significant differences in the three traits between both regions. The levels of significance have been determined by the U test. **Figura 2.** Diagramas de cajas para SLA (Specific leaf area), LDMC (Leaf dry-matter content) y LT (Leaf thickness) de las frondas de helechos rupícolas en las dos regiones bioclimáticas de la Península Ibérica. Cada grafico muestra el valor medio en ambas regiones de un rasgo. Existen diferencias significativas en las tres variables entre las dos regiones. Los niveles de significación han sido determinados mediante el test de la U.

a normal distribution in an intraspecific level, so, to compare the averages of the traits between both regions by the species a T test was used.

To establish the existing relations between the three functional traits and the climatic variables selected, general linear models (GLMs) were carried out with Gaussian's errors distribution and with "identity" vinculum function. These relations were established in a specific level, realizing three GLMs for each species (one for each functional trait selected), so 12 models were generated.

The models were generated as follows: firstly, the effect of the factor RegBio (bioclimatic region) was only taken into account among each of the functional traits in each species. After determining if the effect of that factor was or not significant, five climatic variables were introduced. In some cases, the variable RegBio was not significant, so its effects were now explained by the climatic variables considered. After that, we applied the backward method, so the model was simplified deleting those variables that did not present significant effect in the traits. In some cases (in order to get more parsimonious models) those variables with a significant effect but whose inclusion in the model didn't increase substantially the amount of deviance (D^2), which explains the percentage of the variability in the data that are explained by the model, were eliminated. The statistical analysis was performed in RStudio (R Core Team, 2013).

Results

Functional traits characterization

As it can be observed in figure 2 and table

2, saxicolous ferns in the Mediterranean region presented, as a whole, an average of higher SLA ($15,5 \text{ m}^2\cdot\text{Kg}^{-1}$) than the Eurosiberian populations and, consequently, an average lower values in the other two functional traits associated with more conservative strategies i.e, LDMC and LT, whose average values were, respectively, $361,7 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ and $221,83 \text{ }\mu\text{m}$. The differences between the average values of the three functional traits were significant between regions.

Intraspecific differences of the functional traits between both bioclimatic regions

In Table 3 shows the average and the standard error of the functional traits in each species in each region is shown, as well as the p-value of the differences in the average between both regions. All the species except *A. adiantum-nigrum*, presented a significant higher average of SLA under the Mediterranean macroclimate. All the species showed a higher average LT value under the conditions of Eurosiberian bioclimate. Only *A. billotii* and *A. ceterach* presented significant differences in the average LDMC value between both bioclimatic regions, being the average value of this trait significant higher in the Eurosiberian region in both cases (tab. 3).

Effects of the climatic variables over the functional traits in the fronds of saxicolous ferns of the genus *Asplenium* in the Iberian Peninsula

The models obtained for each of the functional traits in each species, as well as the determination coefficient for each model, are shown in the Appendix II.

Functional trait	Eurosiberian N= 166	Mediterranean N= 204	P-value
SLA (m ² .Kg ⁻¹)	10,9 ± 1	15,67 ± 6,8	< 0,001 (***)
LDMC (mg.g ⁻¹)	416.1 ± 17,2	361,7 ± 98,1	0,0038 (**)
LT (μm)	296,9 ± 24,4	221,83 ± 96,2	< 0,001(***)

Table 2. Average values and standard error for each functional trait, SLA (Specific leaf area), LDMC (Leaf dry-matter content) y LT (Leaf thickness), of the fronds in saxicolous ferns in each bioclimatic region. N is referring to the number of fronds. It is shown the p-value of the differences in the averages in each functional trait between regions. The levels of significance has been determined by the U test. P-value < 0,05 (*); P-value < 0,01 (**); P-value > 0,001 (***). **Tabla 2.** Valores medios y error estándar para cada rasgo funcional: SLA (Specific leaf area), LDMC (Leaf dry-matter content) y LT (Leaf thickness) de las frondas de helechos con hábito rupícola en cada región bioclimática. N es el número de frondas. Se muestra el p-valor de las diferencias en las medias de cada rasgo funcional entre regiones. Los niveles de significación han sido determinados con el test de la U. P-valor < 0,05 (*); P-valor < 0,01(**); P-valor < 0,001(***).

In the models for the variable SLA of the four species, the variable TMAX presented a significant positive effect (p-value < 0,001***). This implies that an increase on the variable TMAX generates an increase on the variable SLA in every species. The variable TMAX was the only one that exerted positive effects on SLA in three of the four species. In *A. adiantum-nigrum* the variable TMIN also had a significant positive effect (p-value < 0,001***).

Regarding LDMC, some differences in the climatic variables were found, which showed significant effects in each species. In *A. adiantum-nigrum* the PH (frozen period) showed a significant positive effect on LDMC (p-value < 0,001***). Two climatic variables had significant effects on the functional trait LDMC in *A. billotii*, those variables were the bioclimatic region and the TMIN. The first one showed a significant positive effect, and the second one a significant negative effect (p-value RegBio < 0,001***; p-value TMIN < 0,05*). In *A. ceterach*, the variable TMAX was the only one with a significant negative effect on the LDMC and, in *A. trichomanes*, none of the climatic variables had a significant effect on LDMC.

Finally, the variable TMAX had a significant negative effect on the variable LT in *A. adiantum-nigrum* (p-value < 0,001***) and in *A. billotii* (p-value < 0,05*). In *A. trichomanes* the variable PAR (arid period) was the one that had a significant negative effect and, by last, in *A. ceterach* the variable RegBio was the only one with a significant positive effect.

Discussion

The environmental conditions under the Mediterranean macroclimate are more hostile comparing to Eurosiberian macroclimate. The functional traits of the species change under

different environmental conditions and is expected that in those places with more nutrient availability plants will adopt a more productive (Chapin, 2010), it is to say that the present higher SLA values. For that, and considering that ferns are a group of organisms that depend strongly on the environmental and edaphic water availability and humidity (Page, 2002; Tyron, 1964), our initial hypothesis was that under Mediterranean condition ferns would adopt more conservative strategies, because, as it has been commented, the lack of rains during the arid period is one of the factors that affects the most to the production in plants, even a lot of them present as adaptive strategy the foliar abscission, whose trigger is the lack of precipitations (Lasko, 1985).

This pattern has been observed before in other studies of terrestrial plants, observing a decrease in the growth rate and, so that, in the foliar area under water stress conditions (Casper et al. 2001). This statement seems logical, as the lack of water reduces the photosynthetic rate per area unit and, finally, the foliar area (McCree, 1986), variable that is used in the calculation of SLA. However, the pattern observed is the opposite that the one that in first instance thought, this is to say that the saxicolous ferns in the Mediterranean region (in set) show a significant higher SLA average value and significant lower values of LDMC and LT. It is true that the treatment in set of the species generates a lot of variance, considering that the foliar structure affects to the value of the functional traits of the leaves and, those, depends on the species (Poorter & Bongers, 2006). However, the characterization of the fronds in a specific level has shown similar results. All the species except *A. adiantum-nigrum* presented a significant higher SLA value in Mediterranean zones. Likewise, all the species presented an average value significant higher of LT in Eurosiberian zones, although

<i>A. adiantum-nigrum</i>	Eurosiberian N= 46	Mediterranean N=19	P-value
SLA (m ² .Kg ⁻¹)	12,25 ± 0,67	14,75 ± 1,29	0,1 nsig
LDMC (mg.g ⁻¹)	390,77 ± 22,3	367,16 ± 9,10	0,3 nsig
LT (μm)	195,36 ± 10,9	248,47 ± 7,6	< 0,001***
<i>A. billotii</i>	Eurosiberian N= 23	Mediterranean N= 46	P-value
SLA (m ² .Kg ⁻¹)	13,9 ± 2,3	22,6 ± 2,8	< 0,001***
LDMC (mg.g ⁻¹)	589,62 ± 63,6	319,32 ± 35	< 0,001***
LT (μm)	168,7 ± 13,1	150,6 ± 35,2	0,0092**
<i>A. trichomanes</i>	Eurosiberian N= 58	Mediterranean N= 77	P-value
SLA (m ² .Kg ⁻¹)	11,42 ± 0,61	16,7 ± 0,53	< 0,001***
LDMC (mg.g ⁻¹)	423,27 ± 35,62	416,60 ± 40,16	0,62 nsig
LT (μm)	237,7 ± 8,61	155,9 ± 4,01	< 0,001***
<i>A. ceterach</i>	Eurosiberian N= 43	Mediterranean N= 58	P-value
SLA (m ² .Kg ⁻¹)	5,6 ± 0,25	8,79 ± 0,46	< 0,001***
LDMC (mg.g ⁻¹)	395,59 ± 32,4	351,3 ± 36	< 0,05*
LT (μm)	500,19 ± 15,9	356,81 ± 8,4	< 0,001**

Table 3. Average value and standard error in the frond functional traits, SLA (Specific leaf area), LDMC (Leaf dry-matter content) y LT (Leaf thickness), for each species: *Asplenium adiantum-nigrum*, *A. billotii*, *A. trichomanes* y *A. ceterach*, under both macroclimate conditions. N is referring to the number of fronds. The levels of significance have been determined by a T test. P-value < 0,05 (*); P-value > 0,01 (**); P-value 0,001 (***). **Tabla 3.** Valor medio y error estándar de los rasgos funcionales de las frondas: SLA (Specific leaf area), LDMC (Leaf dry-matter content) y LT (Leaf thickness) para cada especie: *Asplenium adiantum-nigrum*, *A. billotii*, *A. trichomanes* y *A. ceterach* bajo las dos condiciones macroclimáticas. N es el número de frondas. Los niveles de significación han sido determinados mediante test de la T. P-valor < 0,05 (*); P-valor < 0,01(**); P-valor < 0,001(***).

only *A. billotii* and *A. ceterach* showed significant differences in the LDMC average value between both regions. Making a comparison between species it is remarkable that LT value in *A. ceterach* is quite superior in both regions above the other species. This could be because of the structures and characteristics of its fronds, which are more coriaceous and thick than the fronds of the rest of the species selected in this study (Salvo, 1990).

The fact that finally these results are the opposite to the established at the beginning could be explained by the physical characteristics of the rock habitat. Many authors have classified these habitats as deserts. This fact is explained by the habitat structural itself (Larson et al. 2005): the verticality of the habitat and, in part as a

consequence of this, the absence of soil. In these habitats the water availability is low, even though the surrounding terrain has high rainfall availability, as it is the case of the Eurosiberian localities in our work (Nuzzo, 1996). This could explain the fact that in this study the variable PA (annual precipitation) did not exerted significant values on any of the functional traits of any of the species. It is true that water is the main limiting in terrestrial plants productions. This habitat is typically more horizontal, and with well-developed soil, where water can accumulate by infiltration and so, the plants have access to this resource during a more prolonged period (Larson et al. 2005; Terradas, 2001). However, it seems that it is not essential in species with a saxicolous way of life, which can be explained by the two

aspects commented previously. This means that, even there are differences in the PA between each region because of the lack of soil and verticality, the differences in the annual precipitation between bioclimatic regions will be annulled in the rock habitats.

When we analyzed the effects of the macroclimatic variables in the functional traits of the fronds, we could see that the TMAX (average of the maximum temperatures in the warmest month) is one of the factors which allows to explain the best the differences in SLA between both regions, which has been significant detected in all the species except *A. adiantum-nigrum*. This result is unexpected, because we started with the previous hypothesis that the average of the maximum temperatures in the warmest month reduced the SLA. In consequence, saxicolous ferns show a foliar strategy routed to an increase of the temperatures, until a certain limit established around 50-60°C (Larson et al. 2005; Terradas, 2001).

Referring to the factors related to cold, although it is an accepted fact that the minimum temperature of the coolest months behaves as limiting in the productivity of all the plant organs (Terradas, 2001), our results doesn't seem to indicate this tendency in general. It only seems to exist a limitation by the TMIN in the cases of *A. adiantum-nigrum* (an increase in the TMIN increases the SLA value) and *A. billotii* (an increase of TMIN decreases the LDMC).

The variable PAR (arid period) doesn't show significant effects in any of the variables except in *A. ceterach* LT, exerting a negative effect on its value. In some studies, it has been observed that the variable SLA increases in some species after the arid period, which can be interpreted as an adaptive strategy of the plants to xeric habitats, which seems to be determined genetically, but we didn't observed these results in this study (Asplémier & Leuchner, 2006).

In some models, the variable LDMC in *A. billotii* and the variable LT of *A. ceterach*, the variable RegBio presented significant effect, this implies that other variables related to the bioclimatic region, which has not been taken into account, exist and would present significant effect over these variables.

Conclusions

Saxicolous ferns exposed to Mediterranean macroclimate conditions show higher SLA values than those in Eurosiberian localities. This

phenomenon is different with other groups of plants and/or habitats.

Saxicolous ferns located in Eurosiberian bioclimatic zones, present higher values in the most conservative traits, especially in which is related to LT.

PA does not affect significantly to the functional traits in saxicolous ferns, this fact could be explained by two fundamental characteristics of the structure in these habitats: the absence of soil and verticality.

Those climate traits related to temperature (especially TMAX) are the ones with a strongest effect on the functional traits in saxicolous ferns, specifically is positively correlated to SLA. This fact could be explained because the species are adapted to deal with high insolation and higher values of temperature.

The rest of the extern climate variables (PAR, PH and TMIN) didn't have significant effects on the functional traits in saxicolous ferns.

To sum up, we can conclude that the foliar strategy in saxicolous ferns seems to be independent from the rainfalls, while the maximum temperature in the warmest month favours the foliar productivity. Because of this, the individuals under Mediterranean conditions take advantage from both circumstances, being able to exhibit a greater foliar productivity.

Appendices

I- List of biological material, ordered by species, province and localities, including basic voucher information.

Asplenium adiantum-nigrum L.

ASTURIAS: Luarca, *Gabriel y Galán* 03/2015, MACB 107525 (inds. 3-7); Tarna, *Gabriel y Galán* 04/2015, MACB 107547 (inds. 8-12). ÁVILA: Navalperal de Tormes, *Gabriel y Galán* 02/2017, MACB 109651 (ind. 20). CÁCERES: Losar de la Vera, *Gabriel y Galán* 11/2014, MACB 107235 (ind. 1). CANTABRIA: Cóbreces, *Gabriel y Galán* 03/2015, MACB 109661(ind. 2). GUADALAJARA: Corduente, *Gabriel y Galán* 09/2015, MACB 108094 (inds. 13, 14). MADRID: Cercedilla, *Gabriel y Galán et al* 09/2015, MACB 109662 (ind. 15).

Asplenium billotii F.W. Schultz

ALMERÍA: Níjar, *Herrero et al* 06/94, MACB 72179 (ind. 37*); Níjar, *Almaraz & Medina* 04/95, MACB 72162 (ind. 40*). ASTURIAS: Luarca, *Gabriel y Galán* 03/2015, MACB 108098 (ind. 6). CÁCERES: Losar de la Vera, *Gabriel y Galán* 11/2014, MACB 107236 (ind. 1, 2); Tornavacas, *Gabriel y Galán* 02/2016, MACB 109650 (inds. 34, 35). CÁDIZ: Algeciras, *Herrero, Pangua & Prada* 06/94, MACB 72150 (ind. 38*); Algeciras, *Herrero, Pajarón, Pangua & Prada* 04/95, MACB 72157 (ind.

41*); Algeciras, *Herrero* 03/96, MACB 72151 (ind. 39*); Jerez de la Frontera, *Galíano & Ramos* 05/1989, MACB 32225 (ind. 36*). MADRID: Torrelodones, *Gabriel y Galán* 04/2012, MACB 104525 (inds. 7-9); Torrelodones, *Gabriel y Galán & Gómez Undiano* 11/2014, MACB 107239 (inds. 3-5). PONTEVEDRA: Arousa, *Lavilla* 11/2015, MACB 109663(inds. 28-33).

***Asplenium ceterach* L.**

ALICANTE: Beniarrés, *Ibars et al* 04/91, MACB 43425 (inds. 22, 23). ALMERÍA: entre Félix y Énix, *Castillo* 04/86, MACB 31084 (ind. 19). ASTURIAS: Poncebos, *Gabriel y Galán* 07/2015, MACB 107953 (inds. 4, 5, 8, 9). BARCELONA: Villarana, *Carrillo & Ninot* 03/85, MACB 18866 (ind. 20*). CÁCERES: Villanueva de la Vera, *Gabriel y Galán* 11/2014, MACB 107234 (ind. 1). CANTABRIA: Barros, *Molino* 09/2015, MACB 109664 (inds. 11, 13). CASTELLÓN: Puebla de Benifassar, *Ibars & Balaguer* 09/86, MACB 31078 (ind. 21). GRANADA: Vélez de Benaudalla, *Molero et al* 11/87, MACB 30642 (ind. 25). GUIPÚZCOA: Arantzazu, *García et al* 10/91, MACB 43414 (ind. 31*); Ataun, *Aizpuru & Catalán* 10/87, MACB 31111 (ind. 30*). HUESCA: Bielsa, *Ibars et al* 09/86, MACB 31086 (ind. 28). ISLAS BALEARES (MII): pr Estellencs, *Gabriel y Galán* 02/16, MACB 108370 (ind. 32, 33). LA CORUÑA: La Castellana, *Dalda* 06/68, MACB 1326 (ind. 26). MADRID: Cercedilla, *Sirvent & Seral* 11/2015, MACB 109665 (ind. 10, 18); Montejo de la Sierra, *Molino & de la Fuente* 10/15, MACB 109666 (ind. 17); Torrelodones, *Gabriel y Galán & Undiano* 11/2014, MACB 107240 (ind. 2, 6, 7, 15). NAVARRA: Garaioa, *Rodríguez & Herrera* 09/93, MACB 59106 (ind. 29). ORENSE: Rubiá, *Amigo & Romero* 03/92, MACB 59153 (ind. 27*). VALENCIA: Buñol, *Ibars et al* 10/86, MACB 31145 (ind. 24).

***Asplenium trichomanes* L.**

ASTURIAS: Asiego, *Gabriel y Galán* 07/15, MACB 107950 (ind. 13); Inguanzo, *Gabriel y Galán* 07/15, MACB 107952 (ind. 10); Poncebos, *Gabriel y Galán* 07/15, MACB 107951 (ind. 11, 12); Rioseco, *Gabriel y Galán* 04/15, MACB 107546 (ind. 4-7). ÁVILA: Ortigosa del Tormes, *Gabriel y Galán* 02/17, MACB 109652 (ind. 43). CÁCERES: Tornavacas, *Gabriel y Galán* 02/16, MACB 109649 (ind. 42); Villanueva de la Vera, *Gabriel y Galán* 11/14, MACB 107232 (ind. 1). CANTABRIA: Barros, *Molino* 09/15, MACB 109667 (ind. 20, 21, 35). GUADALAJARA: Torete, *Gabriel y Galán* 09/15, MACB 108095 (ind. 17). LÉRIDA: Arrós, *Gabriel y Galán* 08/15, MACB 107949 (ind. 14-16). MADRID: Cercedilla, *Sirvent & Seral* 09/15, MACB 109668 (ind. 18, 19, 40, 41); Montejo de la Sierra, *Molino & de la Fuente* 10/15, MACB 109669 (ind. 36-39); Torrelodones, *Gómez Undiano & Gabriel y Galán* 11/14, MACB 107238 (ind. 2, 3, 8, 9, 22, 25, 27, 32, 33).

II- Estimated models for the relation between climatic variables and functional variables for each species.

These models show the relation between functional traits (SLA, LDMC and LT) and climate variables (PA,

PAR, PH, TMIN, TMAX and RegBio) in each species. Also, it is shown the determination coefficient D^2 for each model, which represents the percentage of the data variability that the model is able to explain. (*) The model for LDMC in *A. trichomanes* is not shown because any of the variables had significant effects.

Asplenium adiantum-nigrum

SLA = $-10,33 + 0,5126$ TMIN + 0,6 TMAX; $D^2 = 21\%$
LDMC = $251,95 + 19,09$ PH; $D^2 = 31\%$
LT = $453,011 - 8,91$ TMAX; $D^2 = 19\%$

Asplenium billotii

SLA = $-27,22 + 1,56$ TMAX; $D^2 = 41\%$
LDMC = $459,89 + 295,45$ RegiBio - 40,24 TMIN;
 $D^2 = 50\%$
LT = $345,52 - 5,8^*$ TMAX; $D^2 = 10\%$

Asplenium ceterach

SLA = $-6.82120 + 0.51$ TMAX; $D^2 = 48\%$
LDMC = $498.475 - 4,8$ TMAX; $D^2 = 10\%$
LT = $213.44 + 143.38$ Regbio; $D^2 = 40\%$

Asplenium trichomanes

SLA = $-1,74 + 0,58$ TMAX; $D^2 = 21\%$
LDMC = (*)
LT = $249.531 - 34.105$ PAR; $D^2 = 29\%$

References

- Aspelmeier, S. & Leuschner, C. (2006). Genotypic variation in drought response of silver birch (*Betula pendula* Roth): leaf and root morphology and carbon partitioning. *Trees* 20: 42-52.
- Casper, B.B., Forseth, I.N., Kempenich, H., Seltzer, S. & Xavier, K. (2001). Drought prolongs leaf life span in the herbaceous desert perennial *Cryptantha flava*. *Functional Ecology* 15: 740-47.
- Chapin, F.S., Carpenter, S.R., Kofinas, G.P., Folke, C., Abel, N., Clark, W.C., Olsson, P., Stafford, D.M., Smith, B.H., Young, O.R., Berkes, F., Biggs, R., Grove, J.M., Naylor, R.L., Pinkerton, E., Steffen, W. & Swanson, F.J. (2010). Ecosystem stewardship: sustainability strategies for a rapidly changing planet. *Trend in Ecology and Evolution* 25: 241-249.
- Chen, F.M., Niklas, K.J. & Zeng, D.H. (2011). Important foliar traits depend on species-grouping: analysis of a remnant temperate forest at the Keerqin Sandy Lands, China. *Plant and Soil* 340:337-345.
- Ferrer, D. & Vetaas, O.R. (2005). Pteridophyte richness, climate and topography in the Iberian Peninsula: comparing spatial and nonspatial models of richness patterns. *Global Ecology and Biogeography* 14: 155-165.
- Galmés, J., Medrano, H. & Flexas, J. (2007). Photosynthetic limitations in response to water stress and recovery in Mediterranean plants with different growth forms. *New Phytologist* 175: 81-93.
- Galmés, J., Ochogavía, J.M., Gavo, J., Roldán, E. J., Cifre, J. & Conesa, M.A. (2013). Leaf responses to drought stress in Mediterranean accessions of

- Solanum lycopersicum*: anatomical adaptations in relation to gas exchange parameters. *Plant, Cell & Environment* 36: 920-935.
- Garnier, E., Cortez, J., Billès, G., Navas, M.L., Roumet, C., Debussche, M., Laurent, G., Blanchard, A., Aubry, D., Bellmann, A., Neill, C. & Toussaint, J.P. (2004). Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. *Ecology* 85: 2630–2637.
- Given, D.R. (1993). Changing Aspects of Endemism and Endangerment in Pteridophyta. *Journal of Biogeography* 20: 293-302.
- Grime, J.P., Thompson, K., Hodgson, J.G., Cornelissen, J.G., Rorison, I.H., Hendry, G.A.F., Ashenden, T.W. & Askew, A.P. (1997). Integrate Screening Validates Primary Axes of Specialisation in Plants. *Nordic Society Oikos* 79: 259-281.
- Joffre, R., Ramal, S. & Damesin, C. (1999). Functional attributes in Mediterranean-type ecosystems. In: F. I. Pugnaire & F. Valladares (eds.), *Handbook of Functional Plant Ecology*: 347–380. New York.
- Lakso, A.N.. (1985). The effects of water stress on physiological processes in fruit crop. *Acta Horticulturae* 171: 275-289.
- Larson, D.W., Matthes, U. & Kelly, P.E. (2005). *Cliff Ecology*. Birks, H.J.B. & Wiens, J.A (Eds.) Cambridge University Press, New York.
- McCree, K.J (1986). Whole plant carbon balance during osmotic adjustment to drought and salinity stress. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 33-44.
- Mehltreter, K., Walker, L.R. & Sharpe, J.M. (2010). *Fern ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Moreno, J.C. & Lobo, L.M. (2008). Iberian–Balearic fern regions and their explanatory variables. *Plant Ecology* 198: 149-167.
- Nuzzo, V. (1996). Structure of cliff vegetation on exposed cliffs and the effect of rock climbing. *Canadian Journal of Botany* 74: 607-617.
- Page, C.N. (2002). Ecological strategies in fern evolution: a neopteridological overview. *Review of Palaeobotany and Palynology* 119: 1-33.
- Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M.S., Cornwell, K., Craine, J.M., Gurvich, D.E., Urcelay, C., Veneklaas, E.J., Reich, P.B., Poorter, L., Wright, I.J., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J.G., De Vos, A.C., Buchmann, N., Funes, G., Quiétier, F., Hodgson, J.G., Thompson, K., Morgan, H. D, Ter Steege, H., Van De Heijden, M.G.A, Sack, L., Blonder, B., Poschold, P., Vaieretti, M.V., Conti, G., Staver, A.C., Aquino, A. & Cornelissen, J.H.C. (2013). New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61: 167-234.
- Poorter, L. & Bongers, F. (2006). Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. *Ecology* 87: 1733–1743.
- Poorter, H. & De Jong, R. (1999). A comparison of specific leaf area, chemical composition and leaf construction cost of field plants from 15 habitats differing in productivity. *New Phytologist* 143: 163-76.
- R CORE TEAM (2013-R): *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rasband, W.S. (2007). ImageJ, US National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA.
- Reich, P.B., Walters, M.B. & Ellsworth, D.S. (1997). From tropics to tundra: Global convergence in plant functioning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94: 13730–13734.
- Rivas-Martinez, S. (1987) Memoria del mapa de Series de Vegetación de España. *I.C.O.N.A. Serie Técnica. Publ. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación*. Madrid.
- Salvo, E. (1990). *Guía de helechos de la Península Ibérica y Baleares*. Ediciones pirámide. Madrid.
- Terradas, J. (2001). *Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Terradas, J. (Ed). Ediciones Omega, Barcelona.
- Tyron, R.M. (1964). Evolution in the leaf of living ferns. *Memoirs of Torrey Botanical Club* 21: 73-82.
- Vasheka, O., Puglèlli, G., Crescente, M.F., Varone, L. & Gratani, L. (2017) Anatomical and morphological leaf traits of three evergreen ferns (*Polystichum setiferum*, *Polypodium interjectum* and *Asplenium scolopendrium*). *American Fern Journal* 4: 258-268.
- Vile, D., Garnier, R., Shipley, B., Laurent, G., Navas, M.L., Roumet, C., Lavorel, S., Díaz, S., Hodgson, J.G, Lloret, F., Midgley, G.F., Poorter, H., Rutherford, M.C., Wilson, P.J., Wright, I.J. (2005). Specific leaf area and dry matter content estimate thickness in laminar leaves. *Annals of Botany* 96: 1129-1136.
- Violle, C., Navas, M.L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I. & Garnier, E. (2007). Le concept of trait be funtional! *Oikos* 116: 882-892.
- Wilson, P. J., Thompson, K.E.N. & Hodgson, J.G. (1999). Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytologist* 143:155-162.
- Went, F. W. (1950). The response of plants to climate. *Science* 112: 489-494.

Novedades en *Jamesonia* Hook. & Grev. y *Tryonia* Schuettp., J. Prado & A.T. Cochran (Pteridaceae) para el Neotrópico

Alexander Francisco Rojas-Alvarado

Universidad Nacional de Costa Rica.

Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica, C.A.

Correspondencia

A.F. Rojas-Alvarado

e-mail: alfrojasa@yahoo.com

Recibido: 19 julio 2017

Aceptado: 16 septiembre 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

Tres especies nuevas de *Jamesonia* Hook. & Grev. para el Neotrópico son descritas aquí: *J. erecta* A. Rojas, *J. panamensis* A. Rojas y *J. retroflexa* A. Rojas. La primera especie se caracteriza por rizoma robusto y ascendente; frondas cortas y ascendentes; lámina estrecha; rachis recto a levemente flexuoso, lámina adaxialmente glabra y abaxialmente con pelos glandulares. La segunda especie tiene distintivamente estípite atropurpúreo a negro, lustroso y glabro; lámina 1-pinnada-pinnatifida o hasta 2-pinnadas basalmente, con base truncada; segmentos terminales con dientes agudos, pelos sobre la superficie abaxial rígidos e hialinos, y distribuidos a 1850-2200 m. La tercera especie es reconocida por la lámina oblonga; rachis pardo y flexuoso; pinnas ascendentes; pinnulas retroflexas; segmentos apicales que terminan en particiones ampliamente dicotómicas; venas terminado en puntas oscuras y distribuidas a mayor altitud (3500 m). En el género *Tryonia* Schuettp., J. Prado & A.T. Cochran se describe a *T. macrophylla* A. Rojas, y difiere de *T. myriophylla* (Sw.) Schuettp., J. Prado & A.T. Cochran. por rizoma y base del estípite escamosos; estípite y raquis pardo-rojizo; frondas largas (150-200 cm), conocidas de Colombia y distribuidas a mayor distribución altitudinal (2450-2740 m). Seguidamente se combina a *Gymnogramma glandulifera* Hieron. bajo el género *Jamesonia* y se registra para Costa Rica y Mesoamérica a *Jamesonia rufescens* (Fée) Christenh.

Palabras clave: *Eriosorus*, helechos, nuevas especies, nuevos taxones, Polypodiales, Pteridophyta.

Abstract

Novelties in Jamesonia Hook. & Grev. and Tryonia Schuettp., J. Prado & A.T. Cochran (Pteridaceae) from the Neotropics

Five new species of *Jamesonia* Hook. & Grev. from the Neotropics are described here: *J. erecta* A. Rojas, *J. panamensis* A. Rojas and *J. retroflexa* A. Rojas. The first species is characterized by robust and ascendent rhizome; fronds short ascendent; blade narrow; rachis straight to slightly flexuous, blade adaxially glabrous and abaxially with glandular hairs. The second species distinctively has stipe atropurpureous to black, lustrous and glabrous; blade 1-pinnate-pinnatifid or until 2-pinnate basally, with base truncate; ending segments with acute teeth, hairs on abaxial surface rigid and hyaline, and distributed at 1850–2200 m. The third species is recognized by blade oblong; rachis brown and flexuous; pinnae ascendent; pinnules retroflexed; terminal segments ending in broadly dichotomous partitions; veins ending in dark tips and distributed at high altitudinal distribution (3500 m). In the *Tryonia* Schuettp., J. Prado & A.T. Cochran genus *T. macrophylla* A. Rojas is described, and differs from *T. myriophylla* (Sw.) Schuettp., J. Prado & A.T. Cochran. by its rhizome and stipe base scaly; stipe and rachis reddish-brown; fronds long (150–200 cm), known from Colombia and distributed at high altitudinal elevation (2450–2740 m). After that, *Gymnogramma glandulifera* Hieron. is combined and *Jamesonia rufescens* (Fée) Christenh. is registered from Costa Rica and Mesoamerica.

Key words: Colombia, *Eriosorus*, ferns, new species, new taxa, Polypodiales, Pteridophyta.

Introducción

Moran (2002) diagnóstica al género *Eriosorus* Fée por rizomas rastreros, densamente cubiertos por pelos o cerdas oscuros, láminas con pelos multicelulares, nervaduras libres, soros patentes por las venas e indusios ausentes.

Moran (2009) menciona que *Eriosorus* es completamente Neotropical (excepto por una población en Tristan da Cunha) con cerca de 25 especies, y que el mismo se encuentra en bosques y lugares abiertos arriba de 1200 m.

Según Sánchez (2004) el reconocimiento de *Eriosorus* deja a *Jamesonia* Hook. et Grev. parafilético, el cual es un morfotipo de los páramos que ha evolucionado de *Eriosorus* al menos tres veces.

Christenhusz, Zhang & Schneider (2011) con base en estudios moleculares previos, combinan todas las especies de *Eriosorus* en *Jamesonia* para hacer de ambos un origen monofilético y porque *Jamesonia* es un nombre previo a *Eriosorus*.

Estudios moleculares realizados por Cochran, Prado & Schuettpelz (2014), también sirvieron para descubrir que un clado del grupo *Eriosorus* y *Jamesonia* estaba más relacionado a otros géneros taenitoides como: *Austrogramme* E. Fourn., *Pterozonium* Fée, *Syngramma* J. Sm., and *Taenitis* Willd. ex Schkuhr, por tal motivo lo describen como un género nuevo denominado *Tryonia* Schuettp., J. Prado & A.T. Cochran, el cual se puede diferenciar por ejes pajizos.

Más recientemente Pavón y González (2016) encontraron que *Nephtopteris* Lellinger es un sinónimo de *Jamesonia*.

Como parte de los estudios taxonómicos del autor en los helechos neotropicales, cuatro especies nuevas son descritas aquí una es combinada y otra ampliada en su distribución.

Materiales y métodos

Las nuevas especies son el resultado de estudios en la flora pteridofita de Costa Rica, con la comparación de especímenes con las especies registradas de Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador, y después de la revisión de especies relacionadas y claves de los Neotrópicos como: Gómez & Arbeláez (2009), Moran & Riba (1995), Murillo et al. (2008), Mickel & Smith (2004), Smith (1995) y Tryon & Stolze (1989). Los especímenes citados están depositados en: Herbario Universidad de Caldas (CAUP), Herbario Nacional de Colombia (COL), Herbario Nacional de Costa Rica (CR), herbario Universidad de Antioquia (HUA), Kew Botanical Garden (K), Herbario Nacional de

México (MEXU), Missouri Botanical Garden (MO), United States National Herbarium (US) y herbario de la Universidad de Costa Rica (USJ). Las nuevas especies y estatus se determinaron con base en el análisis de los especímenes tipo vistos a través de la página JSTOR (<http://plants.jstor.org/>).

Resultados

Especies nuevas

Jamesonia erecta A. Rojas, **sp. nov.** (fig. 1)

TIPO. COLOMBIA. Caldas: Cordillera Occidental, Cerro Tatama, 3200–3400 m, 8–10 sep 1922, *F. Pennell 10470* (Holotipo: US).

Diagnosis. *Jamesonia erecta* is similar to *Jamesonia flexuosa* (Kunth) Christenh. but differs in having rhizome more robust (5–8 mm in diameter vs. 2–4 mm), ascendent (vs. compact to short-creeping); fronds relatively shorter (40–75 cm long vs. 50–150 cm) and ascendent (vs. scandent); blade relatively narrower (7–12 cm broad vs. 10–30 cm); rachis straight to slightly flexuous (vs. markedly flexuous), blade adaxially glabrous (vs. hairy), and abaxially with glandular hairs (vs. abaxially with no glandular hairs).

Descripción. Rizoma hasta 10 cm de alto, 4–8 mm de diámetro (hasta 25 mm de diámetro incluyendo la base de los estípites agrupados), ascendente, erecto; escamas del rizoma 5–8 × 0,8–1 mm, lineares, pardo oscuro a atropurpúreas, gruesas, con ápice filiforme; frondas 40–75 cm de largo, agrupadas, ascendentes; estípite 10–28 cm de largo, 1/5–1/3 del tamaño de la fronda, 2–3 mm de diámetro, pardo oscuro a atropurpúreo, peloso, los tricomas 0,5–2,0 mm de largo, dispersos, laxos, amarillentos a hialinos; lámina 30–50 × 7–12 cm, 3-pinnado pinnatífida basalmente, deltado-lanceolada, papirácea, base truncada, ápice agudo; raquis pardo oscuro a atropurpúreo, opaco, recto a levemente flexuoso, dispersamente peloso, los pelos como los del estípite; pinnas basales 4–9 × 2,5–4,5 cm, deltado-lanceoladas, leve a marcadamente ascendentes, equiláteras; pínulas hasta 3 × 1,5 cm, deltado-lanceoladas, inequiláteras, generalmente con la cóstula alada que se adelgaza hacia la base; costas pardas a atropurpúreas, dispersamente cubiertas de tricomas 1–2,5 mm de largo, pardo-amarillentos a hialinos, laxos, medianamente densos, cateniformes; tejido laminar glabro adaxialmente, peloso abaxialmente, los tricomas, la mayoría con puntas glandulares; venas simples a 3-bifurcadas, terminando en forma ensanchada en la punta de

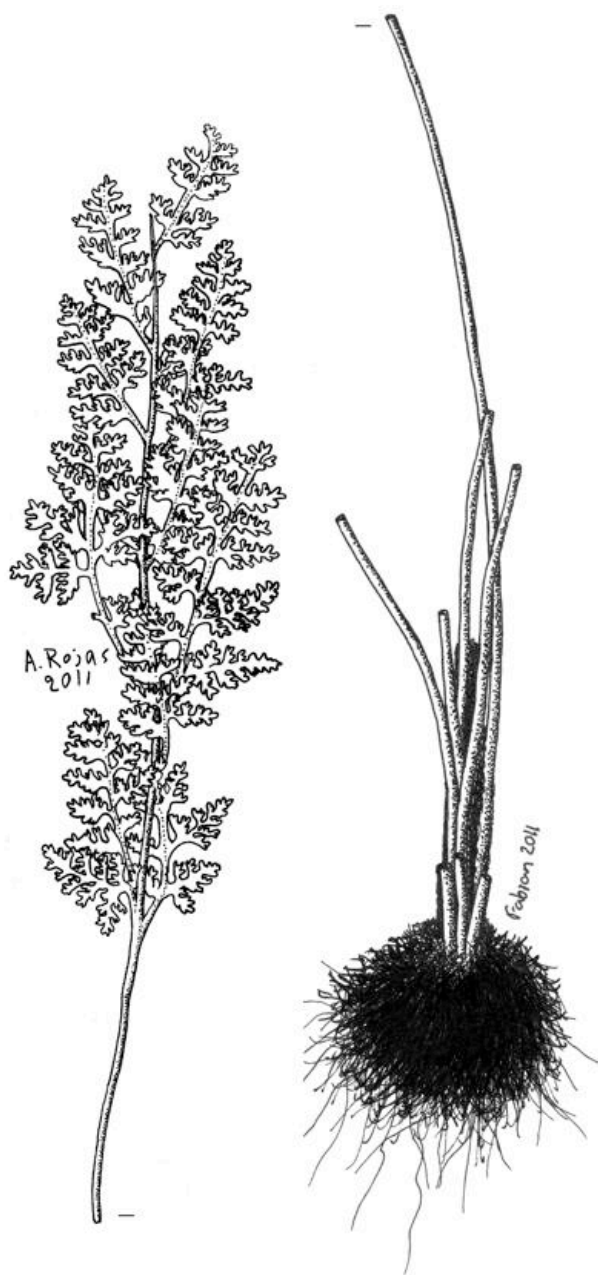


Figura 1. *Jamesonia erecta* (F. Pennell 10470, US). A. Aspecto general del espécimen tipo. **Figure 1.** *Jamesonia erecta* (F. Pennell 10470, US). A. General aspect of type specimen.

los segmentos o cerca de él; soros lineares a lo largo de las venas cubriendo la parte central de los segmentos.

Distribución. En la Cordillera de Los Andes en Colombia a 2750–3400 m.

Material adicional revisado. COLOMBIA. **Antioquia:** páramo de Sonsón, 2750 m, 2 ene 1947, *Bro. Daniel* 3930 (US); en chaparral del páramo a 10 km al N de Sonsón, 2750 m, 6 mar 1948, *G. Gutiérrez*



Figura 2. *Jamesonia panamensis* (H. Werff & J. Herrera 6461, US). A. Aspecto general del espécimen tipo. B. Detalle de una pinna. **Figure 2.** *Jamesonia panamensis* (H. Werff & J. Herrera 6461, COL). A. General aspect of type specimen. B. Pinna detail.

et al. 18C232 (HUA, US). **Putumayo:** Valle de Sibundoy, Sibundoy, 2800 m, 30 Jun 1953, *R. Evans & I. Cabrera* 20123a (COL?, US).

Etimología. El epíteto específico hace referencia a su rizoma y frondas erectas.

Comentarios. Tryon (1970) identifica varios de los especímenes citados en esta nueva especie como *Eriosorus flexuosus* (Kunth) Copel. (ahora *Jamesonia flexuosa*) probablemente por el grado de división de la lámina, pero esta especie nueva difiere por rizoma más robusto (5–8 mm de diámetro vs. 2–4 mm), ascendente (vs. compacto a corto reptante); frondas relativamente más cortas (40–75 cm vs. 50–150 cm de largo) y ascendentes (vs. escandentes); lámina relativamente más angosta (7–12 cm de ancho vs. 10–30 cm); raquis recto a levemente flexuoso (vs. marcadamente flexuoso), haz de la lámina glabro (vs. peloso), y envés con pelos glandulares (vs. envés con pelos no glandulares).

Jamesonia panamensis A. Rojas, **sp. nov.** (fig. 2)

TIPO: PANAMÁ. Chiriquí: Distrito Bugaba, Cerro Punta, 8°52'N, 82°33'W, 2200 m, 26 Jan 1985, *H. Werff & J. Herrera* 6461 (Holotipo: US; Isotipo: MO).

Diagnosis. *Jamesonia panamensis* is similar to *Jamesonia novogranatensis* (A.F. Tryon) Christenh. but differs in having stipe atropurpureous to black (vs. brown to reddish-brown), lustrous (vs. opaque) and glabrous (vs. hairy); blade 1-pinnate-pinnatifid or until 2-pinnate basally (vs. 2-pinnate-pinnatifid to 3-pinnate), with truncate base (vs. slightly reduced); ending segments with acute teeth (vs. ending segments rounded lobes), hairs on abaxial surface rigid (vs. crispate) and hyaline (vs. yellowish-brown), and distributed at less altitudinal distribution (1850–2200 vs. 2745–3400 m).

Descripción. Rizoma ca. 2 mm de diámetro, largamente rastrero; tricomas del rizoma 1–3 mm de largo, cilíndricos, medianamente dispersos, pardos, adpresos; frondas 21,5–34 cm de largo; distantes 1,5–2,5 cm entre ellas; estípote 10–18 cm de largo, y raquis glabro, atropurpúreo, lustroso, glabro; lámina 11,5–16 × 5,5–8 cm, lanceolada, base truncada, ápice agudo; raquis equivalente al estípote pero a veces dispersamente peloso, al menos hacia el ápice; pinnas basales 3,0–4,3 × 1,6–2,2 cm, equiláteras truncadas y más anchas en la base, ápice obtuso a redondeado; costas y venas medianamente pelosas, los tricomas 1–2 mm de largo, hialinos, rígidos, no glandulares; pínulas o segmentos hasta 1,1 × 0,7 cm, ápice redondeado; tejido laminar en el haz glabro, en el envés peloso sólo sobre las venas, estos equivalentes a los de las costas; venas 1–3-bifurcadas, terminando en forma ensanchada cerca del margen; soros lineales sobre las venas.

Distribución. Conocida sólo de la parte sur de la Cordillera de Talamanca en Panamá a 1850–2200 m.

Material adicional revisado. PANAMÁ. Chiriquí: above Boquete, on trail to Pate Macho on continental divide, 8°50'N, 82°25'W, 1850–2100 m, 13 Mar 1988, G. McPherson 1231a (MO); Distrito Bugaba, Cerro Punta, 8°52'N, 82°33'W, 2200 m, 26 Jan 1985, H. Werff & J. Herrera 6469 (MO); Boquete, 08°45'N, 82°24'W, 1900 m, T. Antonio 2660 (MO, PA).

Etimología. El epíteto específico hace referencia al país de origen del material tipo.

Comentarios. Difiere de *Jamesonia novogranatensis* (A.F. Tryon) Christenh. por presentar estípote atropurpúreo a negro (vs. pardo a pardo-rojizo), lustroso (vs. opaco) y glabro (vs. peloso); lámina 1-pinnado-pinnatifida o hasta 2-pinnada basalmente (vs. 2-pinnado-pinnatifida a 3-pinnada), con la base truncada (vs. levemente reducida); segmentos terminales con dientes

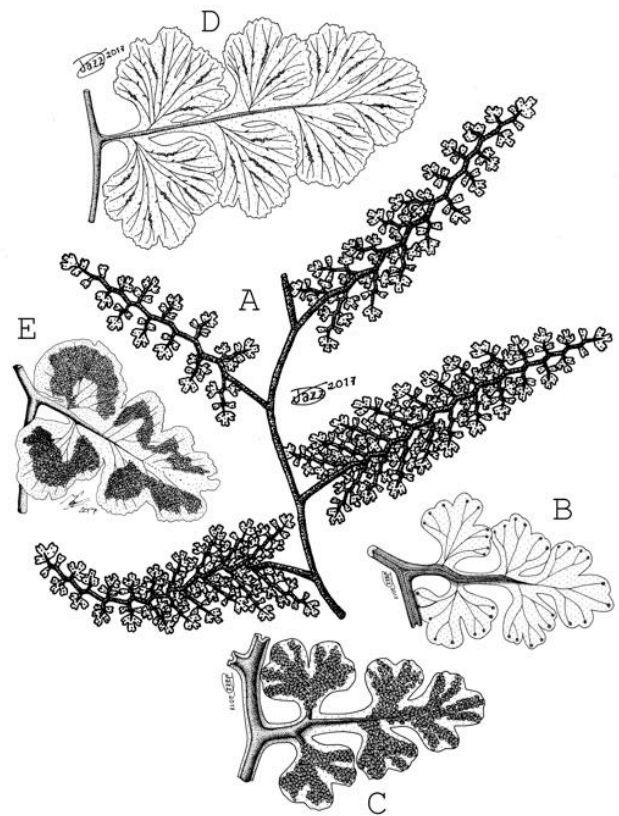


Figura 3. A-C. *Jamesonia retroflexa* (L. Fay & L. Cando 4329, MEXU). **A.** Aspecto general del espécimen tipo. **B.** Superficie adaxial de la lámina. **C.** Superficie abaxial de la lámina. **D.** *Jamesonia orbignyana*, superficie abaxial de la lámina. **E.** *Jamesonia wurdackii*, Superficie abaxial de la lámina. **Figure 3. A-C.** *Jamesonia retroflexa* (L. Fay & L. Cando 4329, MEXU). **A.** General aspect of type specimen. **B.** Adaxial blade surface. **C.** Abaxial blade surface. **D.** *Jamesonia orbignyana*, abaxial blade detail. **E.** *Jamesonia wurdackii*, abaxial blade detail.

agudos (vs. segmentos terminales con lóbulos redondeados), tricomas del envés rígidos (vs. crispados) y hialinos (vs. pardo-amarillentos), y distribuida a menor elevación (1850–2200 vs. 2745–3400 m).

Jamesonia retroflexa A. Rojas, sp. nov. (fig. 3)

TIPO: ECUADOR. Carchi: Montufar cantón, a 3km de pueblo de Colonia Huaqueña, 0°35'05"N, 77°42'W, 3500 m, 30 Jun 1994, L. Fay & L. Cando 4329 (Holotipo: MEXU; Isotipo: MO?).

Diagnosis. *Jamesonia retroflexa* is similar to *J. wurdackii* (A.F. Tryon) Christenh. but differs in having blade oblong (vs. ovate to deltate-lanceolate); rachis brown (vs. black) and flexuous (vs. straight to slightly flexuous); pinnae ascendent

(vs. falcate to perpendicular); pinnules retroflexed (vs. perpendicular to falcate); terminal segments ending in broadly dichotomous partitions (vs. flabellate to orbicular); veins ending in dark tips (vs. strawish tips) and distributed at higher altitudinal distribution (3500 m vs. 2200–2300 m).

Descripción. Rizoma no visto; frondas probablemente 1,0–1,5 m de largo, escandentes; Lámina probablemente 0,5–1,5 m, 3-pinnado-pinnatífida, oblonga; raquis pardo oscuro a pardo rojizo, flexuoso, glabro, con una pinna saliendo de cada doblez; pinnas 10–15 × 3–5 cm, deltado lanceoladas, con pedúnculos 1,5–3 cm de largo; costas flexuosas, acanaladas dorsalmente, pardas, glabras; pinnulas hasta 3,5 × 2 cm, pinnado lobuladas a pinnado-pinnatífidas, retroflexas, al menos las basales; tejido laminar glabro en ambas superficies, verde oscuro en el haz, verde claro en el envés); venas 1–4-bifurcadas, terminando en forma ensanchada y oscura cerca del margen a modo de hidátodo; soros lineales sobre las venas.

Distribución. Conocida sólo del material tipo en la Cordillera de Los Andes en Ecuador a 3500 m.

Etimología. El epíteto específico hace referencia a sus pínulas retroflexas.

Comentarios. Difiere de *Jamesonia wurdackii* (A.F. Tryon) Christenh. por lámina oblonga (vs. ovada a deltado-lanceolada); raquis pardo (vs. negro) y flexuoso (vs. recto a levemente flexuoso); pinnas ascendentes (vs. falcadas a perpendiculares); pínulas retroflexas (vs. perpendiculares a falcadas); últimos segmentos terminando en particiones anchamente dicotómicas (vs. flabelados a orbiculares); venas terminando en puntas oscuras (vs. puntas pajizas) y distribuidas a mayor elevación (3500 m vs. 2200–2300 m). También se asemeja a *Jamesonia orbignyana* (Mett. ex Kuhn) Christenh. por caracteres similares a la especie anterior, pero además por tejido laminar papiráceo (vs. herbáceo); últimos segmentos más pequeños (hasta 1 cm diámetro vs. hasta 2 cm), terminando en particiones anchamente dicotómicas (vs. flabelados a orbiculares) y margen entero a lobulado (vs. dentado).

Tryonia macrophylla A. Rojas, **sp. nov.** (fig. 4)

TIPO: COLOMBIA. Cauca: Municipio de Almaguer, Vereda El Jordán, entre quebrada Agua El Oro y La Mina, 2450–2600 m, 28 julio 2001, B. Ramírez & D. Macías 14383 (Holotipo: COL; Isotipo: CAUP).



Figura 4. *Tryonia macrophylla* (B. Ramírez & D. Macías 14383, COL). **A.** Aspecto general del espécimen tipo. **B.** Detalle de una pinna. **Figure 4.** *Tryonia macrophylla* (B. Ramírez & D. Macías 14383, COL). **A.** General aspect of type specimen. **B.** Pinna detail.

Diagnosis. *Tryonia macrophylla* is similar to *T. myriophylla* but differs in having rhizome and stipe base scaly (vs. hairy); stipe and rachis reddish-brown (vs. strawish); fronds bigger (150–200 cm long vs. 5–95 cm), known from Colombia (vs. Brazil and Uruguay) and distributed at higher altitudinal elevation (2450–2740 m vs. 600–2300 m).

Descripción. Rizoma 6–11 mm de diámetro, compacto a corto reptante; escamas del rizoma 5–8 × 0,8–1,0 mm, lineares, pardo-doradas, planas, margen entero; frondas 1,5–2,0 m de largo, agrupadas, levemente escandentes; estípite 50–90 cm de largo, 5–8 mm de diámetro, pardo a atropurpúreo, escamoso en la base y parte media, las escamas similares a las del rizoma, gradualmente reduciéndose hacia el ápice; lámina 52–81 × 20–35 cm, 3-pinnado pinnatífida basalmente, deltado-lanceolada, papirácea, base truncada, ápice agudo. Raquis atropurpúreo,

glabro, lustroso, raquis flexuoso hacia el ápice; pinnas basales 20–30 × 7–10 cm, deltado-lanceoladas, falcadas, inequiláteras, con las pinnulas basales basiscópicas hasta más del doble de las acroscópicas; pinnulas 1–7 × 0,5–2,0 cm, deltado-lanceoladas, generalmente con la cóstula alada que se adelgaza hacia la base; costas atropurpúreas, lustrosas, dispersamente cubiertas de escamas 1–2 × 0,1–0,2 mm, piliformes, pardo-amarillentas, más densas en la unión con el raquis; cóstulas escamosas y pelosas, las escamas como en las costas, los tricomas 1,5–2,0 mm de largo, amarillentos, septados, retorcidos; tejido laminar glabro adaxialmente, peloso abaxialmente, los tricomas como los de las cóstulas; venas simples a 3-bifurcadas, terminando en forma levemente ensanchada en la punta de los dientes; soros lineares a lo largo de las venas.

Distribución. Conocida sólo de la Cuenca del Cauca, entre las Cordilleras Occidental y Central, en la parte Norte de la Cordillera de Los Andes a 2450–2740 m.

Material adicional revisado. COLOMBIA. **Caldas:** Carretera Manizales-Bogotá, km 16.9 desde El Batallón de Infantería #22 (Ayacucho), 5°01'N, 75°21'W, ca. 2740 m, 12 abril 1990, A. Arbeláez et al. 470 (Holotipo: HUA).

Etimología. El epíteto específico hace referencia a las frondas grandes.

Comentarios. Esta especie es la única en el género *Tryonia* con escamas en el rizoma y base del estípote, estípote pardo-rojizo y la más grande dentro del grupo. Sin embargo, se le considera parte del género porque la forma y el grado de división de la lámina, además de costas y/o cóstulas aladas y los últimos segmentos idénticos en forma, hacen recordar a *T. myriophylla*, pero difiere por rizoma y base del estípote escamoso (vs. peloso), estípote y raquis pardo-rojizo (vs. pajizo), frondas más desarrolladas (150–200 cm de largo vs. 5–95 cm), conocida de Colombia (vs. Brasil y Uruguay) y distribuida a mayor elevación (2450–2740 m vs. 600–2300 m).

Nuevas combinaciones

Jamesonia glandulifera (Hieron.) A. Rojas, **comb. nov.** (fig. 2)

Basiónimo. *Gymnogramma glandulifera* Hieron., Hedwigia 48. 217 t. 9 f. 4. 1909. TIPO: Colombia, Abweg von Rejoy nach Santiago, 2700 m, A. Stübel 299 (B!).

Descripción. Rizoma ca. 2 mm de diámetro, reptante; tricomas del rizoma 3–5 mm de largo, pardos, lustrosos, rígidos, medianamente cateniformes; frondas subdimorfas, las estériles 5–10 cm de largo; las fértiles 18–31 cm de largo, 2–7 mm distantes entre ellas, arqueadas; estípote 2–16 cm de largo, ca. 1/5 del tamaño de la fronda en las estériles y ca. 1/2 en las fértiles, atropurpúreo a negro, con tricomas glandulares ca. 0,1 mm de largo, densos, hialinos, y tricomas largos 0,5–1,5 mm de largo, pardo oscuro, rígidos, muy dispersos; lámina estéril 4–7 × 1–2 cm, lámina fértil 11–18 × 2,5–4,0 cm, 1–2-pinnada, lanceolada, cartácea, base levemente reducida, ápice agudo; raquis atropurpúreo a negro, opaco, recto, con tricomas pardos, similares a los cortos del estípote, medianamente densos; costa alada, el ala 0,5–1 mm de ancho a cada lado; pinnas estériles 0,4–0,8 × 0,4–0,6 cm, ovadas, pinnas fértiles 1–2 × 0,5–0,9 cm, deltado-lanceoladas, ambas equiláteras; pinnulas en las frondas fértiles 3–5 × 2–4 mm, ovadas, generalmente con la cóstula alada que se adelgaza hacia la base; tejido laminar peloso en ambas superficies, superficie adaxial con tricomas sobre las venas 0,4–0,8 mm, hialinos, cateniformes, el tejido laminar con tricomas ca. 0,1 mm, cilíndricos, glandulares, en la superficie abaxial de la lámina sobre las venas los tricomas 1–2 mm de largo, hialinos, cateniformes, en el tejido laminar con tricomas 0,2–0,5 mm de largo, glandulares, cateniformes; venas 1–3-bifurcadas, terminando en forma aguda cerca del margen de la lámina o en este; soros lineares a lo largo de las venas.

Distribución. En la Cordillera de Los Andes en Colombia a 2600–3000 m.

Material adicional revisado. COLOMBIA. **Meta:** Cordillera Oriental upper Río Manzanares Valley, 20 km SE of Gutiérrez, 65 km S of Bogotá, 2710 m, M. Grant 9889 (COL). **Nariño:** Municipio San Francisco, carretera San Francisco-Mocoa, 2700–2800 m, 26 Nov 1967, L. Mora 4391 (COL). **Putumayo:** Valle de Sibundoy, 2600–3000 m, 1963, Krauss 37 (COL).

Comentarios. El ejemplar tipo de *Gymnogramma glandulifera* Hieron. (B), fue identificado por Alice Tryon (1969) como *Eriosorus hispidulus* (Kunze) Vareschi; sin embargo, no es citado como sinónimo de esta especie en la revisión del género (Tryon 1970). Se asemeja a esta especie por la presencia de pelos glandulares en el envés de la lámina, pero difiere por tricomas pardo oscuro dispersos en estípote y raquis (ausentes) y tricomas glandulares más cortos (ca. 0,1 mm vs. 0,5–2 mm); lámina 4–5 veces más larga que ancha

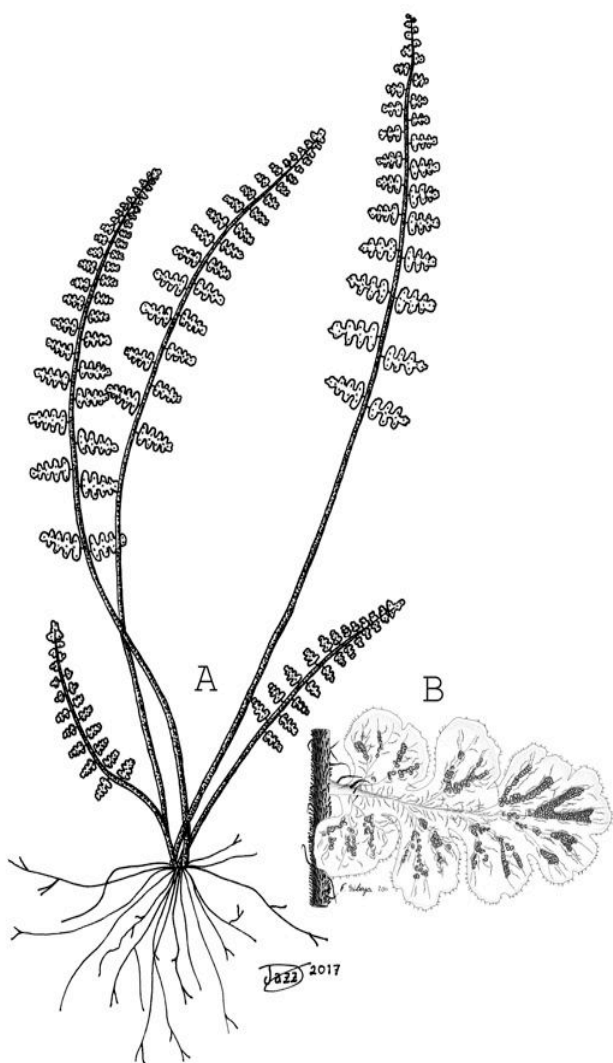


Figura 5. *Jamesonia glandulosa* (L. Mora 4391, COL). **A.** Aspecto general del espécimen tipo. **B.** Detalle de una pinna. **Figure 5.** *Jamesonia glandulosa* (L. Mora 4391, COL). **A.** General aspect of type specimen. **B.** Pinna detail.

(vs. 2,0–3,5 veces), cartácea (vs. papirácea); pinnas basales reducidas (vs. pinnas basales las más largas); tejido laminar con pelos cateniformes (vs. cilíndricos), laxos (vs. rígidos) y no glandulares (vs. glandulares), además de tricomas glandulares diminutos (ca. 0,1 mm) y densos (vs. ausentes) (fig. 5).

Nuevo registro

Jamesonia rufescens (Fée) Christenh., *Phytotaxa* 19: 21. 2011.

Basiónimo. *Gymnogramma rufescens* Fée, *Mém. Foug.* 181, t. 19C, f. 3. 1852. TIPO: Perú, Andes, *Mathews s.n.* (?).

Distribución. Costa Rica, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia a 2440–3600 m.

Material de nueva distribución. COSTA RICA. **Guanacaste:** Liberia, Parque Nacional Guanacaste, Volcán Cacao, sendero a la cima, 10°56'03"N, 85°27'23"W, 1500–1600 m, 8 ago 2007, A. Rojas & G. Araya 7697 (CR, K, MO, USJ).

Comentarios. Tryon (1970) indica que el nombre se basa en una ilustración de una pequeña fronda o fragmento de esta; Sin embargo, la descripción incluye dimensiones de frondas largas que sugieren que la colección de Mathews mencionada por Fée puede ser igual que el tipo de *Gymnogramma mathewsii* Hook., si este fuera el caso sería necesario validar *Gymnogramma mohriaeformis* Kunze ex Mett., debido a que *Gymnogramma mathewsii* parece representar otra especie de mayor tamaño. Adicionalmente, la muestra costarricense tiene variación en el tamaño, indumento y distribución altitudinal, por lo que pudiera corresponder a una variedad diferente.

Agradecimientos

Agradezco al Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICIT) por financiarme los viajes a Colombia y Estados Unidos para revisar los especímenes, a la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) por el apoyo de mi tiempo laboral y por el financiamiento para revisar el herbario US. Se agradece a los herbarios: Herbario Nacional de Costa Rica (CR); Herbario Nacional de Colombia (COL), Missouri Botanical Garden (MO) y United States National Herbarium (US), por permitirme consultar sus colecciones. A Christian Herrera Martínez, Karen Bermúdez Barrantes, Jasmín Mejía Vargas y Pablo Muñoz Cambroner, por sus excelentes ilustraciones. A los revisores anónimos que ayudaron a mejorar este trabajo.

Referencias

- Christenhusz, M.J.M., Zhang, X.C. & Schneider, H. (2011). A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. *Phytotaxa* 19: 7–54. DOI: 10.11646/phytotaxa.19.1.2
- Cochran, A.T., Prado, J. & Schuettpelz, E. (2014). *Tryonia*, a new taenitoid fern genus segregated from *Jamesonia* and *Eriosorus* (Pteridaceae). *PhytoKeys* 35: 23–43. DOI: 10.3897/phytokeys.35.6886
- Gómez, L.D. & Arbeláez, A.L. (2009). *Flora de Nicaragua. Tomo IV: helechos*. St. Louis, Missouri, USA: *Missouri Botanical Garden*.
- Mickel, J.T. & Smith, A.R. (2004). The Pteridophytes of Mexico. *Mem. New York Bot. Gard.* 88: 1–1029.
- Moran, R.C. (1995). *Eriosorus*. Pp. 130–131. In: R. C. Moran & R. Riba (eds.), *Flora Mesoamericana*.

- Volumen 1. Psilotaceae a Salviniaceae. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, D. F., México.
- Moran, R.C. (2002). The genera of neotropical ferns, a guide for students. Tropical Plant Systematics. Mimeografiado.
- Moran, R.C. (2009). Géneros Neotropicales de helechos y licófitos. Una guía para estudiantes. Sistemática de Plantas Tropicales. San José, Costa Rica. Mimeografiado. 406 p.
- Murillo, M.T., Murillo, J., León, A. & Triana, L.A. (2008). *Los Pteridófitos de Colombia*. Bogotá, DC: Arfo. 533 p.
- Pavón, N. & González, F. (2016). *Nepthopteris* out of the clouds: Molecular evidence places the enigmatic *N. maxonii* (Pteridaceae) within the *Jamesonia* clade. *Brittonia* 68 (1): 83–92. DOI: 10.1007/s12228-015-9394-0
- Sánchez, P. (2004). Phylogenetics and Biogeography of the neotropical fern genera *Jamesonia* and *Eriosorus* (Pteridaceae). *Amer. J. Bot.* 91 (2): 274–284. DOI: 10.3732/ajb.91.2.274
- Smith, A.R. (1995). Pteridophytes. In: P. E. Berry, B. K. Holst, and K. Yatskievych (eds.). *Flora of the Venezuelan Guayana*. Volume 2. Pteridophytes, Spermatophytes: Acanthaceae-Araceae (pp. 1–327). Portland, Oregon, U.S.A: Timber Press.
- Smith, A.R. (1995). Pteridophytes. In: P. E. Berry, B. K. Holst, and K. Yatskievych (eds.). *Flora of the Venezuelan Guayana*. Volume 2. Pteridophytes, Spermatophytes: Acanthaceae-Araceae (pp. 1–327). Portland, Oregon, U.S.A: Timber Press.
- Tryon, A.F. (1970). A Monograph of *Eriosorus*. *Contr. Gray Herb.* 200: 54–174.
- Tryon, R.M. & Stolze, R. (1989). Pteridophyta of Peru. Part II. 13. Pteridaceae-15. Dennstaedtiaceae. *Fieldiana Bot., n.s.* 22: 94–122.

Antimicrobial activity of ethanolic and aqueous extracts of medicinally used tree ferns *Alsophila cuspidata* and *Cyathea microdonta*

Charlie Longtine¹ & Adrian Tejedor²

¹The University of North Carolina at Chapel Hill

²The School for Field Studies

Correspondencia

A. Tejedor

e-mail: adriantejedor@gmail.com

Recibido: 6 junio 2017

Aceptado: 29 agosto 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

Actividad antimicrobiana de extractos en etanol y agua de los helechos arborescentes usados medicinalmente Alsophila cuspidata y Cyathea microdonta

Las plantas medicinales son componentes importantes de farmacologías tradicionales y fuentes de compuestos antimicrobianos que pueden combatir patógenos resistentes a antibióticos comerciales. Este estudio examinó la actividad antimicrobiana de extractos en etanol y agua de dos helechos aborescentes Neotropicales usados medicinalmente (*Alsophila cuspidata* y *Cyathea microdonta*) frente a bacterias grampositivas y gramnegativas usando el método de difusión de Kirby-Bauer. La mayor actividad antimicrobiana se observó en extractos en etanol y frente a bacterias grampositivas. No hubo diferencias entre especies de helechos o entre extractos obtenidos de frondes, peciolos, o troncos. Estos resultados sugieren que el uso tradicional del mucílago de helechos arborecentes como agente tópico en cortes y lesiones de leishmaniasis pueden reducir el riesgo de infecciones con bacterias cutáneas como *Staphylococcus aureus* y que las Cyatheaceae Neotropicales son una fuente potencial de compuestos antimicrobianos novedosos.

Palabras clave: Helechos arborescentes, medicina tradicional, Amazonia peruana, Kirby-Bauer.

Abstract

Medicinal plants are important components of traditional medicine and sources of novel antimicrobial compounds against drug resistance pathogen strains. This study tested the antimicrobial activity of ethanolic and aqueous extracts of medicinally used Neotropical tree ferns *Cyathea microdonta* and *Alsophila cuspidata* against gram positive bacteria and gram negative bacteria using the Kirby-Bauer disc diffusion method. Highest antimicrobial activity was observed in ethanolic extracts, and extracts were more active against gram positive bacteria than gram negative bacteria. No difference was observed in antimicrobial activity between species or between extracts made from the leaves, stipe, or caudex. These results suggest that the traditional use of tree fern mucilage as a topical agent for cuts and leishmaniasis lesions may reduce risk of secondary infection with skin bacteria such as *Staphylococcus aureus*, and that Neotropical Cyatheaceae are a potential source of novel antimicrobial compounds.

Key words: Tree ferns, traditional medicine, Peruvian amazon, Kirby-Bauer.

Introduction

Medicinal plants have a long and diverse history of use throughout the world, and currently one-

quarter to one-half of all pharmaceuticals dispensed have higher-plant origins (Cowan 1999). However, very few plant derivatives are used as antimicrobials in western medicine, as we have relied on fungal

and bacterial sources for these compounds since the advent of antibiotics, despite the abundant antimicrobials present in plants as defense compounds against phytopathogens (González-Lamothe et al. 2009). Plant materials constitute a major part of traditional medicinal responses to microbial infection, and have been identified as a major resource of antimicrobial compounds as multiple drug resistant strains of pathogens to current antimicrobials increasingly emerge (Gurib-Fakin 2006, Dimayuga and Garcia, 1991). Extracts of plants used in traditional medicine have been shown to have antimicrobial effects against human pathogens such as gram positive bacteria (Zakaria et al 2007), *Pseudomonas aeruginosa* (Bjarnsholt et al. 2005), and *Leishmania amazonensis* (Soares et al. 2009).

Tree ferns in the family Cyatheaceae, commonly known as sano sano in southern Peru, are traditionally used in Cusco, Puno, and Madre de Dios, Peru as medicinal plants against cutaneous leishmaniasis, bruises, and wounds by applying mucilage directly on the affected area (authors' pers. observ.). The potential medical uses of compounds derived from old world tree ferns have been suggested by recent studies of methanolic extracts from leaves. *Alsophila gigantea* Wall. ex Hook. (treated as *Cyathea*) a common tree fern in South India, for example, has shown anti-inflammatory activity (Madhukiran et al. 2011), hepatoprotective effects (Madhukiran et al. 2012), and free radical scavenging activity (Madhukiran 2011). Also, old world tree ferns have been shown to contain a large number of compounds with potential medicinal uses. Flavonoids, steroids, and saponins have been isolated from both the leaves and caudex of *A. gigantea* (treated as *Cyathea*) and *Sphaeropteris brunoniana* (Wall. ex Hook.) R.M. Tryon (treated as *Cyathea*, Talukdar et al. 2010), and these categories of compounds have antimicrobial potential (Cowan 1999). A recent assessment of fern antimicrobial activity in India including the tree ferns *Alsophila nilgirensis* R.M. Tryon (treated as *Cyathea*) and *Sphaeropteris crinita* R.M. Tryon (treated as *Cyathea*) showed inhibitory effects toward *Pseudomonas aureus*, *Klebsiella pneumonia*, *Aspergillus niger*, and *Fusarium* sp., but no activity against the gram positive *Streptococcus* species tested (Johnson et al. 2012). This study only used ethanol as a solvent of extraction however, which has been reported to extract fewer antimicrobial compounds than other solvents (Nostro et al. 2000, Eloff 1998, Ahmad et al. 1998).

To date, although used as staple medicine in rural areas, Neotropical species of Cyatheaceae have not been formally tested for antimicrobial

properties. The present study, therefore, aims to investigate the antimicrobial effects of both ethanolic and aqueous extracts of leaves, stipe, and trunks from *Alsophila cuspidata* (Kunze) D.S. Conant and *Cyathea microdonta* (Desv.) Domin, two tree ferns used in traditional medicine in the Peruvian amazon.

Objectives

To determine whether extracts from two species of Neotropical tree ferns have antimicrobial activity

Methods

Study site: The study was performed at the Villa Carmen Biological Station (VC, -12.895, -71.404) of the Amazon Conservation Association (ACA), in the locality of Pilcopata, district of Kosñipata, province of Paucartambo, Cusco, Peru. VC is located on the Amazonian foothills of the Andes, at 540 m, in the buffer zone of Manu National Park, and is surrounded by secondary premontane rainforest, with an annual precipitation of 3000–5000 mm.

Species selection: Fronds, stipe, and trunks were cut from healthy, disease free tree ferns from the species *Cyathea microdonta* and *Alsophila cuspidata*. These two species were chosen because they produce multiple trunks from a single rhizome and do not die when one trunk is cut. They are also among the species used indistinctly by the local population as a source of mucilage for treating wounds.

Extract preparation: The stipe and caudex were cut into 0.5 cm³ pieces and dried at 50°C for 2 hours. Fronds were similarly dried. 50g of stipe and caudex and 5g of fronds were extracted in 100mL of both 96% ethanol and boiled water for 12 hours. Three plant parts from both species were extracted in both ethanol and water for a total of 12 extracts. Extracts were filtered and concentrated by evaporation at 50°C to 20mL. Antibiotic controls were prepared using 200µg Ampicillin per milliliter water for gram negative bacteria and 200µg Ciprofloxacin per milliliter water for gram positive bacteria.

Bacterial culture: Single colony gram positive bacteria isolates were obtained from skin swabs streaked on *Staphylococcus* gelatin media (Maitland and Martyn, 1948) and incubated in nutrient broth for 12 hours at approximately 37°C. Single colony gram negative bacteria isolates

were obtained from fecal swabs streaked on Mueller-Hinton agar (Merck) prepared according to manufacturer's instructions and incubated in nutrient broth for 12 hours at approximately 37°C. Bacteria were identified using colony morphology (Chiller et al. 2001).

Kirby-Bauer Disc Diffusion Method: Antibacterial tests were performed using the Kirby-Bauer method with modification (Bauer et al., 1966). Sterile plates containing 4mm depth of Mueller-Hinton agar were prepared and inoculated with 0.5mL culture of gram positive bacteria or gram negative bacteria and let dry for 5 minutes. Filter paper discs (6mm in diameter) were impregnated with approximately 50µL of extract, dried for 5 minutes, and placed on the inoculated plates alongside the positive antibiotic control. The plates were inverted and incubated at approximately 37°C for 12 hours. Antimicrobial activity was indicated by presence of a zone of inhibition of bacterial growth around the disc. The distance from the edge of the disc to the outer ring of the zone of inhibition was

measured. The tests were repeated 4 times for each extract using both gram positive bacteria and gram negative bacteria.

Statistical Analysis: All statistical analyses were performed using PAST (Hammer and Harper, 2006). The Wilcoxon signed rank test was used to compare extractants and species, and a Kruskal-Wallis was used to compare leaf, stipe, and caudex extracts.

Results

Both *C. microdonta* and *A. cuspidata* showed antibiotic activity (figure 1). The mean zone of inhibition for all extracts against gram positive bacteria and gram negative bacteria is given in figure 1. Ethanolic extractions had significantly larger zones of inhibition than aqueous extracts against gram positive bacteria but not gram negative bacteria (Wilcoxon test, *exact p(same)* = 0.007227 and *exact p(same)* = 0.21212). Overall, there was no significant difference in antibacterial

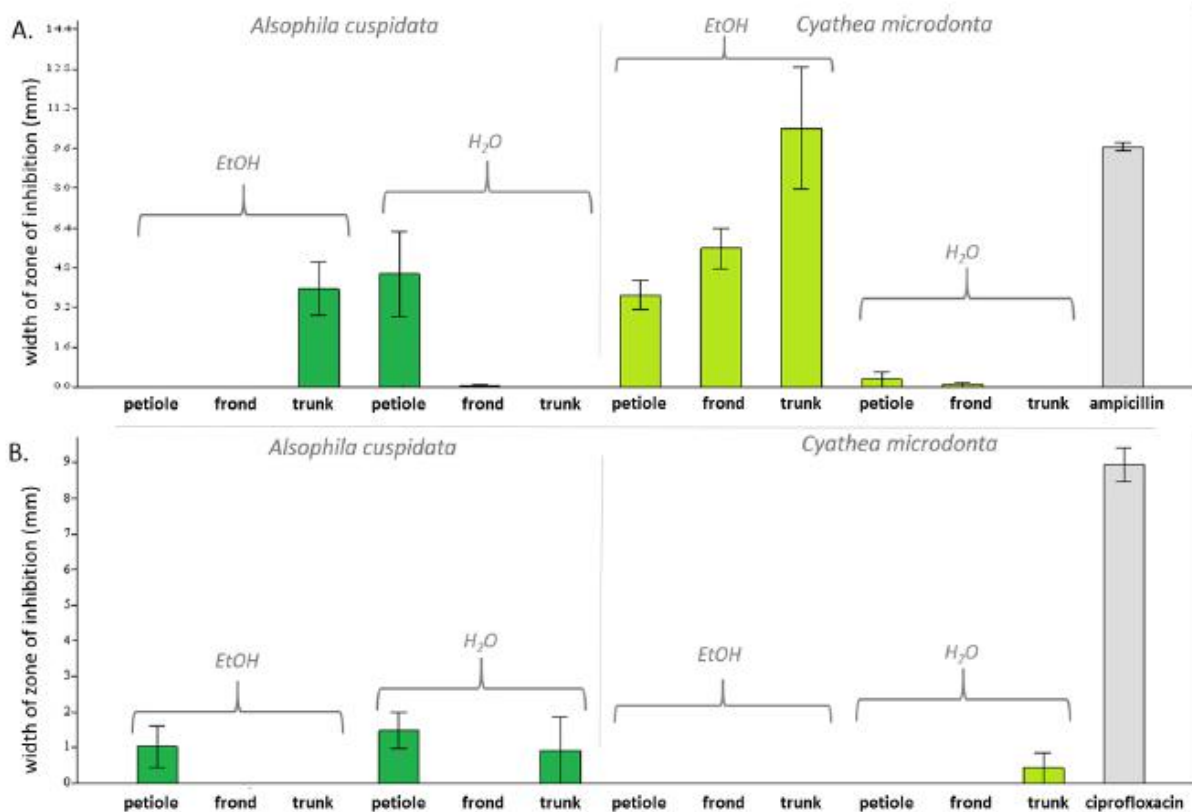


Figure 1: Width of the zone of inhibition for 12 tree fern extracts plus Ampicillin against gram positive bacteria (A) and gram negative bacteria (B). **Figura 1:** Ancho de la zona de inhibición de 12 extractos de helechos arborescentes mas ampilicina frente a bacterias grampositivas (A) y gramnegativas (B).

activity between *C. microdonta* and *A. cuspidata* against gram positive bacteria or gram negative bacteria (Wilcoxon test, *exact p(same)* = 0.056892 and *exact p(same)* = 0.054264). No significant difference was found between extracts from different plant parts against gram positive bacteria and gram negative bacteria (Kruskal-Wallis). Extracts showed significantly more activity against gram positive gram positive bacteria than gram negative gram negative bacteria (Wilcoxon test, *exact p(same)* = 0.00014).

Discussion

The present study confirmed the presence of antimicrobial compounds in *Cyathea microdonta* and *Alsophila cuspidata* with activity against potential human pathogens. Although ethanol is not viewed as an efficient extractant of antimicrobial compounds, the ethanolic extracts tested here showed more antimicrobial activity than aqueous extracts. This study underlines the importance of extractant choice in studies of plant antimicrobial activity. Cyatheaceae species should thus be further studied with additional extracts.

The presence of antimicrobial compounds throughout the plants in the leaves, stipe, and caudex supports a previous study that found compounds with potential antimicrobial activity in both the leaves and the caudex (Talukdar et al., 2010). Furthermore, the similarity in antimicrobial activity between *C. microdonta* and *A. cuspidata* suggests the possibility that antimicrobial compounds are widespread throughout Neotropical Cyatheaceae, although further description of the specific compounds present in each species is crucial to understanding whether these compounds are a shared ancestral trait. Further study on the differences or similarity between the genera *Alsophila* and *Cyathea* could elucidate evolutionary adaptations to pathogens within this family.

Traditional medicinal use of tree fern mucilage is generally topical, for example on cuts or leishmaniasis lesions. Coinfection of leishmaniasis lesions with gram positive bacteria enhances the severity of early lesions (Potter et al., 1983), so application of tree fern mucilage may be beneficial in preventing coinfection and thus reducing lesion severity. Ziaie and Sadeghian (2008) found that 20.7% of patients with cutaneous leishmaniasis had secondary bacterial infections, and of these, 69.4% were gram positive bacteria, 23.1% were coagulase negative *Staphylococcus*, and 3.9% were gram negative bacteria. Since the caudex extracts from both species, which contained the mucilage, showed inhibitory activity against

gram positive bacteria, this study validates the traditional topical use of the mucilage on cutaneous leishmaniasis lesions in combination with oral or intravenous anti-leishmanial therapy.

The greater activity against gram positive bacteria than gram negative bacteria is presumably due to the impermeable outer membrane of gram negative bacteria, which prevents exposure of the peptidoglycan cell wall, the internal membrane, and the cytoplasm. The higher susceptibility of gram positive bacteria to plant extracts is consistent with previous findings (Lai et al., 2009; Johnson et al., 2012; Ahmad et al., 1998).

The zones of inhibition around discs impregnated with extracts were not as clear as the zones around antibiotic control discs, and bacterial colonies were frequently in the inhibition zone of extracts. This may be due to the presence of carbohydrates which promote bacterial growth in the extracts due to the extraction process. Future studies should reduce the carbohydrate content in extracts, which is possible by extracting with a Soxhlet extractor. (Nostro et al., 2000). Additionally, because of limitations on the equipment available for this study, the exact concentrations of crude extract used is uncertain. Further studies on antimicrobial properties of tree ferns could obtain more rigorous, quantitative data by quantifying extract concentration and determining the minimum inhibitory concentration of each of the extracts.

Tree ferns have potential both as a topical agent to prevent secondary infection of skin lesions and as a source for new antimicrobial compounds. Further studies should test tree ferns with different extractants, determine the minimum inhibitory concentration, and attempt to isolate specific compounds and elucidate the mode of action of antimicrobial activity.

Conclusions

We found that extracts of the Neotropical tree ferns *Alsophila cuspidata* and *Cyathea microdonta* have antimicrobial activity against gram positive bacteria. There were no significant differences in effect between the two species or among different parts of the plants. Our results indicate that the tree fern mucilage, which is frequently used as a traditional rural remedy in southern Peru on wounds and leishmaniasis lesions, should help control infections from cutaneous bacteria.

Acknowledgements

We thank the Amazon Conservation Association for hosting us during our study. Villa Carmen Biological

Station staff, Leonidas Huacac y Adrian Quispe, graciously assisted us in the field and helped with the collection of samples. We are grateful to the School for Field Studies for support and especially to Nicole Wischlinski and Rachel Johnson for help with logistics.

References

- Ahmad, I., Mehmood, Z. & Mohammad, F. (1998). Screening of some Indian medicinal plants for their antimicrobial properties. *Journal of Ethnopharmacology* 6(2), 183-193.
- Bauer, A.W., Kirby, W.M., Sherris, J.C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology* 45(4), 493-496.
- Bjarnsholt, T., Jensen, P.O., Rasmussen, T.B., Christophersen, L., Calum, H., Hentzer, M., Hougen, H.P., Rygaard, J., Moser, C., Eberl, L., Hoiby, N., & Givskov, M. (2005). Garlic blocks quorum sensing and promotes rapid clearing of pulmonary *Pseudomonas aeruginosa* infections. *Microbiology*. 151(12), 3873-3880
- Chiller, K., Selkin, B., & Murakawa, G.J. (2001). Skin Microflora and Bacterial Infections of the Skin. *Journal of Investigative Dermatology Symposium Proceedings*. 6(3), 170-174.
- Cowan, M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 12(4), 564-582
- Dimayuga, R.E., & Garcia, S.K. (1991). Antimicrobial screening of medicinal plants from Baja California Sur, Mexico. *Journal of Ethnopharmacology*. 31(2), 181-192
- González-Lamothe, R., Mitchell, G., Gattuso, M., Diarra, M.S., Malouin, F., & Bouarab, K. (2009). Plant antimicrobial agents and their effects on plant and human pathogens. *International Journal of Molecular Sciences*. 10(8), 3400-3419.
- Eloff, J.N. (1998). Which extractant should be used for the screening and isolation of antimicrobial components from plants? *Journal of Ethnopharmacology* 60(1), 1-8.
- Gurib-Fakin, A. (2009). Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular Aspects of Medicine*. 27(2006), 1-93.
- Hammer, Ø. & Harper, D.A.T. (2006). Paleontological Data Analysis. Blackwell.
- Johnson, M., P., Raja, D., Irudayaraj, V., & Janakiraman, N. (2012). Antimicrobial efficacy of selected ferns of Western Ghats, South India. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*. 4(2), 58-60
- Lai, H.Y., Lim, Y.Y., & Tan, S.P. (2009). Antioxidative, tyrosinase inhibiting and antibacterial activities of leaf extracts from medicinal ferns. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 73(6), 1362-1366.
- Madhu Kiran, P. (2011). *In vitro* evaluation for free radical scavenging activity of methanolic leaf extract of *Cyathea gigantea* (Wall. Ex. Hook). *International Journal of Pharmaceutical Research and Development*. 3(2), 95-96.
- Madhu Kiran, P., & Ganga Rao, B. (2011). Anti-inflammatory activity of methanolic leaf extract of *Cyathea gigantea*. (Wall. Ex. Hook.). *International Journal of Pharmaceutical Research and Development*. 3(3), 3-9.
- Madhu Kiran, P., Vijaya Raju, A., & Ganga Rao, B. (2012). Investigation of hepatoprotective activity of *Cyathea gigantea* (Wall. Ex. Hook.) leaves against paracetamol-induced hepatotoxicity in rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2(5), 352-356.
- Maitland, H.B., & Martyn, G. (1948). A selective medium for isolation of gram positive bacteria based on the differential inhibiting effects of increased concentrations of sodium chloride. *Journal of Pathological Bacteriology*. 60(4), 553-561.
- Nostro, A., Germano, M.P., D'Angelo, V., Marino, A., & Cannatelli, M.A. (2000). Extraction methods and bioautography for evaluation of medicinal plant antimicrobial activity. *Letters in Applied Microbiology*. 30(5), 379-384.
- Potter, M.E., Chapman, W.L. JR., Hanson, W.L., & Blue, J.L. (1983). *Leishmania braziliensis*: effects of bacteria (gram positive bacteria and *Pasteurella multocida*) on the developing cutaneous leishmaniasis lesion in the golden hamster. *Experimental Parasitology*. 56(1), 107-118.
- Soares, D.C., Andrade, A.L.S., Delorenzi, J.C., Silva, J.R.A., Freire-de-Lima, L., Falcao, C.A.B., Pinto, A.C., Rossi-Bergmann, B., & Saraiva, E.M. (2010). Leishmanicidal activity of *Himatanthus sucuuba* latex against *Leishmania amazonensis*. *Parasitology International*. 59(2), 173-177.
- Talukdar, A.D., Choudhury, M.D., Chakraborty, M., & Dutty, B.K. (2010). Phytochemical screening and TLC profiling of plant extracts of *Cyathea gigantea* (Wall. Ex. Hook.) Halit. and *Cyathea brunoniana*. Wall. Ex. Hook. (Cl. & Bak.). *Assam University Journal of Science & Technology*. 5(1), 70-74.
- Zakaria, Z., Sreenivasan, S., & Mohamad, M. (2007). Antimicrobial activity of *Piper ribesoides* root extract against gram positive bacteria. *Journal of Applied Biological Sciences*. 1(3), 87-90.
- Ziaie, H., & Sadeghian, G. (2008). Isolation of bacteria causing secondary bacterial infection in the lesions of cutaneous leishmaniasis. *Indian Journal of Dermatology*. 53(3), 129-131.

Three new species of *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm. (Dryopteridaceae) from the pacific of Costa Rica

Alexander Francisco Rojas-Alvarado & Wouter Baaijen-Harteveld

Universidad Nacional de Costa Rica, Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica, CA.

Correspondence

A.F. Rojas Alvarado

e-mail: alfrojasa@yahoo.com

Recibido: 6 abril 2017

Aceptado: 29 agosto 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Abstract

In this paper three new species of *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm., are described and illustrated, located on the pacific slope of Cordillera de Talamanca and Cerro Caraigres (Cerro Dragón), Costa Rica. The new species are: *E. dragonense* A. Rojas, *E. flavosquamum* A. Rojas and *E. pacificum* A. Rojas, all belong to the section *Elaphoglossum* subsection *Pachyglossa* Christ. The first species resembles *E. gloeorrhizum* Mickel but is separated by showing a scaly rhizome, phyllopodia with two sections, the basal one resinous as the rhizome and the second non-resinous, bigger stipe scales, and the abaxial blade is scaly. The second entity resembles *E. delgadilloanum* A. Rojas, but differs by having blonde to orange-yellowish rhizome scales with long lateral processes and the blade scales are mainly smaller, less dense and bicolorous with black central body and brown rays. The latter species is similar to *E. cismense* Rosenst., but is identified by its more slender rhizome, fronds at less distance between them, shorter phyllopodia, narrowly elliptic blade, bigger abaxial blade scales and a linear-elliptical and narrower fertile blade.

Key words: Caraigres; *Elaphoglossum dragonense*; *Elaphoglossum flavosquamum*; *Elaphoglossum pacificum*; endemic; neotropics; subsection *Pachyglossa*.

Resumen

Tres especies nuevas de Elaphoglossum Schott ex J. Sm. (Dryopteridaceae) para el pacífico de Costa Rica

En este artículo se describen e ilustran tres especies nuevas de *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm., localizadas en la vertiente pacífica de la Cordillera de Talamanca y Cerro Caraigres (Cerro Dragón), Costa Rica. Las especies nuevas son: *E. dragonense* A. Rojas, *E. flavosquamum* A. Rojas y *E. pacificum* A. Rojas, todas de la sección *Elaphoglossum* subsección *Pachyglossa* Christ. La primera especie se parece a *E. gloeorrhizum* Mickel, pero se separa por mostrar escamas en el rizoma, filopodio con dos secciones, la basal resinosa como el rizoma y la segunda no resinosa, escamas del estípite más grandes y el envés de la lámina con escamas estrelladas. La segunda entidad se asemeja a *E. delgadilloanum* A. Rojas, pero difiere por presentar escamas del rizoma rubias a anaranjado-amarillentas y con largos procesos laterales y escamas de la lámina la mayoría más pequeñas, menos densas y bicoloras con el centro negro y los rayos pardos. La última especie es similar a *E. cismense* Rosenst., pero se identifica por su rizoma más delgado, largo-reptante, frondas más distantes, con filopodios más cortos, lámina angostamente elíptica, escamas del envés más largas, lámina fértil más corta y linear-elíptica.

Palabras clave: Caraigres, *Elaphoglossum dragonense*, *Elaphoglossum flavosquamum*, *Elaphoglossum pacificum*, endémico, neotrópico, subsección *Pachyglossa*.

Introduction

Elaphoglossum Sm. is one of the largest and most complex of ferns genera, with perhaps 600 species and distributed throughout the tropics (Mickel & Atehortúa, 1980).

The genus is remarkably uniform with mostly simple-bladed ferns with acrostichoid sori and free veins (with two exceptions) (Mickel & Atehortúa, 1980).

The section *Elaphoglossum* is the larger group of the genus with approximately 75% of the species, and is characterized by absent hydathodes, present phyllopodia, medium size blades and stellate blade scales; the subsection *Pachyglossa* Christ is characterized by subcoriaceous to coriaceous blades and minute and stellate blade scales (vs. chartaceous blades and absent scales in subsection *Tenuifolia* Mickel & L. Atehortúa) (Rojas 2003).

Rouhan et al. (2004) mentioned that the section *Elaphoglossum* contains many species; consequently, it is probably the most difficult group to circumscribe in the whole genus.

In all molecular analyses, section *Elaphoglossum* consists of two well supported subclades, each of which corresponds to a subsection. Only subsection *Pachyglossa* was recognized by Mickel and Atehortúa (1980), but Skog et al. (2004) pointed out that molecular analyses supported the distinction between two clades: *Platyglossa* Christ and *Pachyglossa*. Both names were first published by Christ (1899), but their morphological definitions must be modified regarding changes of species belonging to each subsection (Rouhan et al., 2004). Moran, Garrison and Rouhan (2007) indicated that no known macromorphological or anatomical characters distinguish these two clades; however, three perispore characters are synapomorphic for subsect. *Pachyglossa*: the presence of cristae, spines and perforations.

In this work three new species of *Pachyglossa* clade are described and registered as endemic to Costa Rica, thanks to expeditions made by the authors to the pacific slope of the Cordillera de Talamanca and Cerro Caraigres.

Material and methods

The new species here described are the result of comparison of specimens with the species registered from Costa Rica and deposited in the National Herbarium (CR), and after the revision of related species and keys from the Neotropics as: Gómez & Arbeláez (2009), Mickel (1995), Mickel & Smith (2004), Murillo et al. (2008). The specimens

collected are deposited in Herbario Nacional de Costa Rica (CR), Kew Botanical Garden (K), Missouri Botanical Garden (MO) and Herbario de la Universidad de Costa Rica (USJ).

New species

Elaphoglossum dragonense A. Rojas, **sp. nov.** (fig. 1).

TYPE: COSTA RICA. San José: Acosta, Cangrejal, Zona Protectora Cerro Caraigres, 9°43'29"N, 84°08'23"W, 2420–2500 m, 10 ago 2014, I. Chinchilla & A. Rojas 1978 (Holotype: CR; Isotypes: K, MO).

Diagnoses. *Elaphoglossum dragonense* differs from *E. gloeorrhizum* Mickel by having a scaly rhizome, a rhizome with a conspicuous and resinous projection at the base of the stipe, non-resinous phyllopodia, bigger stipe scales and scaly abaxial blade surface.

Description. Terrestrial; 5–7 mm diameter rhizome, short-creeping, resinous; rhizome scales 0.5–2 x 0.5–1.2 mm, ovate, black, lustrous, medially appressed, marginally entire; fronds 27.4–64 cm long, proximal to 5–10 mm distant; rhizome projection 4–10 mm, phyllopodia 6–16 mm long, non-resinous; stipe 6.8–27 cm long, 1/4–1/2 times the length of the frond; stipe scales 1–2 x 0.5–1 mm, ovate to lanceolate, resinous, sparse to absent, sometimes replaced by resinous dots; blade 20–40 x 2–3.3 cm, elliptic to narrowly lanceolate, subcoriaceous to coriaceous, cuneate at base, rounded to acuminate at apex; blade glabrous adaxially, abaxial blade scales 0.2–0.4 mm, stellated, dark brown, opaque, sparse to absent; costal scales 1–1.5 x 0.6–0.8 mm, ovate, dark brown, marginally ciliate; veins single to 1-bifurcate, 0.5–1 mm distant between them, in angle to 70°–75° with respect to costa; hydathodes absent; fertile fronds 30.5 cm long; stipe 9.1 cm long (ca. 1/3 of the frond size); fertile blade 20 x 2 cm, narrowly elliptic, cuneate at base, acute to attenuate at apex; intersporangial scales absent.

Distribution. Endemic, known only from Zona Protectora Cerro Caraigres at 2420–2500 m. (I. Chinchilla & A. Rojas 1978, CR, K, MO).

Etymology. The specific epithets make reference to the type locality in Cerro Dragón (Caraigres) as it is locally called.

Observations. *Elaphoglossum dragonense* differs from *E. gloeorrhizum* Mickel in having

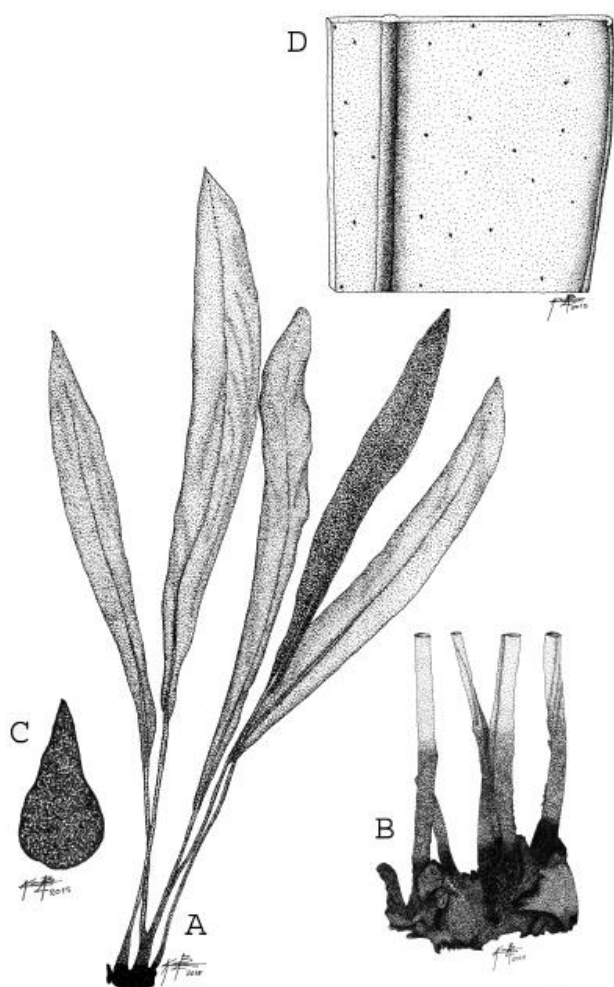


Figure 1. A–D. *Elaphoglossum dragonense* (I. Chinchilla & A. Rojas 1978, CR). **A.** General aspect of type specimen. **B.** Rhizome detail. **C.** Rhizome scale. **D.** Abaxial blade detail.

rhizome scaly (vs. not scaly), rhizome with a conspicuous and resinous projection to stipe base (vs. without projection), not resinous (vs. resinous) phyllopodia, bigger (1–2 x 0.5–1 mm vs. 0.5–1.0 x 0.3–0.6 mm) stipe scales and abaxial blade scaly (vs. resinous)(fig. 1).

Elaphoglossum flavosquamum A. Rojas & Baaijen, **sp. nov.** (fig. 2).

TYPE: COSTA RICA. San José: Acosta, Cangrejal, Valle de Candelaria, Zona Protectora Cerro Caraigres, ascenso por el potrero, 9°43'40"N, 84°08'22"W, 2100–2300 m, 28 feb 2015, A. Rojas & W. Baaijen 10987 (Holotype: CR).

Diagnoses. *Elaphoglossum flavosquamum* differs from *E. delgadilloanum* A. Rojas in having blonde to orange-yellowish rhizome scales with

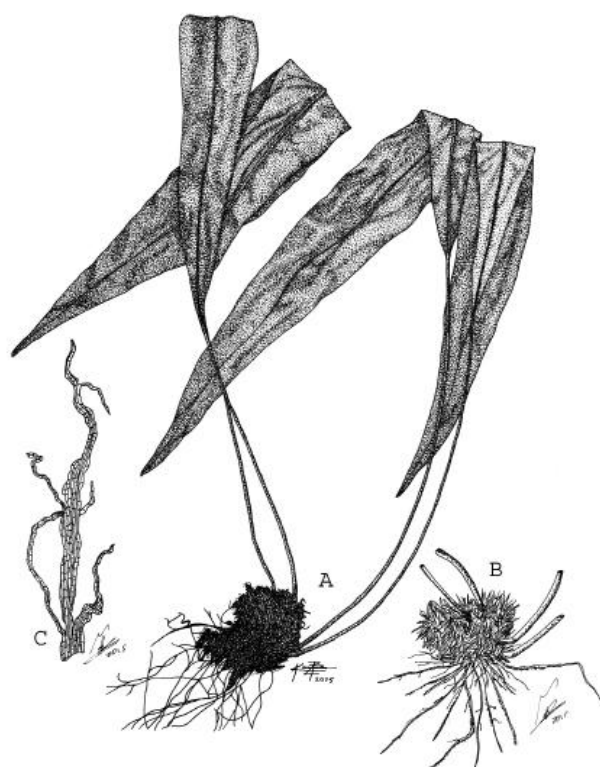


Figure 2. A–C. *Elaphoglossum flavosquamum* (A. Rojas & W. Baaijen 10987, CR). **A.** General aspect of type specimen. **B.** Rhizome detail. **C.** Rhizome scale.

long lateral processes and the blade scales are smaller, less dense and bicolorous with black central body and brown rays.

Description. Epiphytic; rhizome 4–8 mm in diameter, compact to short-ascending; rhizome scales 10–20 x 1–2.5 mm, linear, blonde to orange-yellowish, lustrous, crisped, entire to occasionally with long hair-like lateral processes; fronds 48–62 cm long, approximate; phyllopodia 8–12 mm long (hidden by the scales); stipe 17.5–25 cm long, (1/6–)1/3–2/5 of the frond length, strawish, glabrous; blade 31–37 x 3.8–5.4 cm, elliptic, coriaceous, cuneate at base, acute to acuminate at apex; adaxial surface glabrous, abaxially scaly, the scales 0.3–1 mm in diameter (but most 0.3–0.5 mm in diameter), stellate, bicolorous, with pale brown rays and blackish attached point, lustrous, appressed, long-ciliate at margin; veins (single–) 1–2 bifurcate, ca. 1 mm distant between them, in angle to 60–70° with respect to costa; hidathodes absent; fertile fronds not seen.

Distribution. Endemic, known only from Zona Protectora Cerro Caraigres at 2350–2400 m. (A. Rojas & W. Baaijen 10987, CR).

Etymology. The specific epithets make reference to the blonde rhizome scales similar to a blond hair.

Observations. *Elaphoglossum flavosquamum* differs from *E. delgadilloanum* A. Rojas in having blonde to orange-yellowish (vs. orange mixed with partially or fully brown to blackish) rhizome scales with long lateral processes (vs. entire with occasionally long ciliate margin) and most the blade scales are smaller (most of them 0.3–0.5 mm in diameter vs. 0.6–1 mm in diameter), less dense and bicolorous with black central body and brown rays (vs. concolorous and blackish) (see fig. 2). They also differ from *E. ciliatosquamum* A. Rojas because of a relatively broader (1–2.5 mm broad vs. 0.5–1.5 mm), blonde to orange-yellowish (vs. orange to brown-reddish at apex) and with long hair-like lateral processes (vs. entire) rhizome scales, relatively smaller (most of them 0.3–0.5 mm in diameter vs. 1–2 x 0.5–1.0 mm) and bicolorous (concolorous) with blackish central body and pale brown rays (vs. fully orange-yellowish) abaxial blade scales.

***Elaphoglossum pacificum* A. Rojas, sp. nov.** (fig. 3).

TYPE: COSTA RICA. San José: Pérez Zeledón, Rivas, Cordillera de Talamanca, Parque Nacional Chirripó, entre Llano Bonito y antes de Monte sin Fé, 9°26'55"N, 83°32'05"W, 2600–2900 m, 29 jul 1996, A. Rojas 2877 (holotype: CR; isotypes: MO).

Diagnoses. *Elaphoglossum pacificum* differs from *E. cismense* Rosenst. in having long-creeping rhizome, fronds distant 10–19 mm between them, phyllopodia are shorter, blade is narrower and 8–12 times longer than wide and narrowly elliptic, abaxial blade scales relatively longer and stellated, narrower fertile blade and 12–20 times longer than wide and they linear–elliptic.

Description. Terrestrial; rhizome 5–9 mm in diameter, long-creeping; rhizome scales 1–2 x 0.5–1 mm, rounded to lanceolate, brown, occasionally with dark brown center, appressed to medially appressed, entire to erose at margin; fronds 50–64 cm long, distance of 10–19 mm between them; phyllopodia 10–20 mm long; stipe 14–21.7 cm long (1/4–1/3 of the frond length); basal stipe scales 1–3 x 0.5–1.5 mm, ovate to lanceolate, pale to dark brown, entire at margin, progressively less dense distally; blade 34–47 x 2.9–5.3 cm, narrowly elliptic, coriaceous, cuneate at base, acuminate at apex; adaxial surface glabrous; abaxially scaly, the scales 0.2–0.5 mm in diameter, stellated, brown,

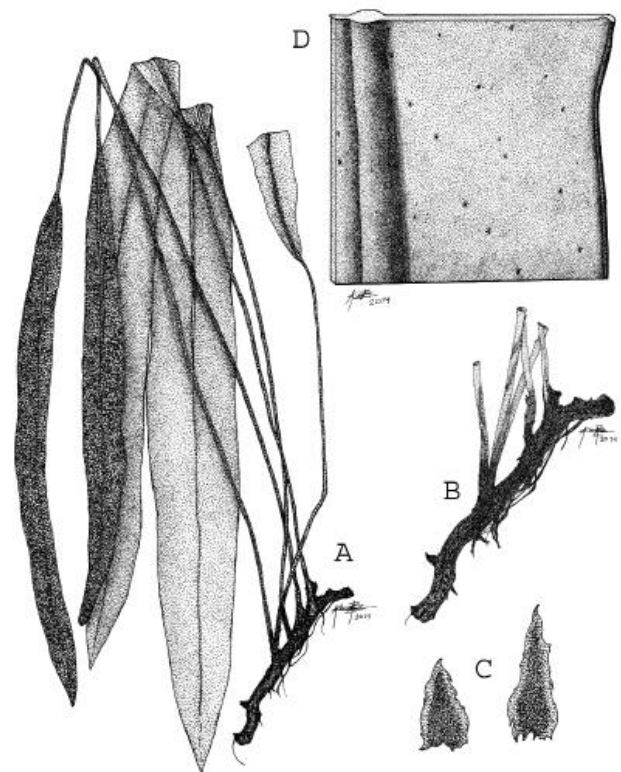


Figure 3. A–D. *Elaphoglossum pacificum* (A. Rojas 2877, CR). A. General aspect of type specimen. B. Rhizome detail. C. Rhizome scales. D. Abaxial blade detail.

with dark brown to blackish attached point, sparse to absent, ciliate at margin; costal scales 1–2 x 0.8–1 mm, ovate, pale brown, erose to ciliate at margin, with dark brown to blackish attachment point; veins single to 1-bifurcate, 1–1.4 mm distant between them, in angle to 70°–85° with respect to costa; hydathodes absent; fertile fronds 42–63.5 cm long; stipe 17.2–35.3 cm long (2/5–1/2 of the frond length); fertile blade 23–28.5 x 1.2–2.2 cm, linear-elliptic, cuneate at base, acuminate at apex; intersporangial scales absent.

Distribution. Endemic to Costa Rica in Cordillera de Talamanca, Parque Nacional Chirripó between 2600–2900 m (A. Rojas 2877, CR, INB, MO) and Zona Protectora Cerro Caraigres between 2300–2350 m (*I. Chinchilla* & A. Rojas 1946, CR, MO, USJ).

Additional specimen examined. COSTA RICA. San José: Acosta, Cangrejal, estribaciones del Cerro Caraigres, 9°43'33"N, 84°08'14"W, 2300–2350 m, 10 ago 2014, *I. Chinchilla* & A. Rojas 1946 (CR, K, MO).

Etymology. The specific epithets make reference to its distribution in the Pacific side of Costa Rica.

Observations. *Elaphoglossum pacificum* differs from *E. cismense* Rosenst. in having long-creeping (vs. compact to short-creeping) rhizome, fronds distant 10–19 mm (vs. 2–7 mm) between them, phyllopodia shorter (10–20 mm vs. 20–30 mm), narrower (2.9–5.3 cm vs. 5.0–12.6 cm) blade, the blade is 8–12 times (vs. 5–6 times) longer than wide and narrowly elliptic (vs. elliptic, lanceolate or oblanceolate), abaxial blade scales relatively longer (0.2–0.5 mm vs. 0.1–0.3 mm), stelled (vs. fimbriate), narrower (1.2–2.2 cm vs. 3–5 cm) fertile blade, the blade 12–20 times (vs. 7–9 times) longer than wide and linear-elliptic (vs. narrowly elliptic) (see fig. 3).

Acknowledgments

This work has been possible thanks to Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) and Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Also thanks to Herbario Nacional de Costa Rica (CR) for the specimen loans and the space to study the specimens, to Karen Bermúdez Barrantes and Pablo Muñoz Cambroner for the excellent illustrations, to the anonymous reviewers for their help; and to all who, in one way or another, made this work possible.

References

- Christ, K.H. (1899). Monographie des Genus *Elaphoglossum*. *Neue Denkschr. Allg. Schweiz. Ges. Gesamten Naturwiss.*, 36, 1–159.
- Gómez, L.D. & ARBELÁEZ A.L. (2009) *Flora de Nicaragua*. Tomo IV: helechos. Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, USA. 348 p.
- Mickel, J.T. & Atehortúa, L. (1980). Subdivision of the genus *Elaphoglossum*. *Amer. Fern J.*, 70 (2), 47–67.
- Mickel, J.T. & Smith, A.R. (2004). The Pteridophytes of Mexico. *Mem. New York Bot. Gard.* 88: 1030 p.
- Moran, R.C., Garrison, J. & Rouhan, G. (2007). Spore morphology in relation to phylogeny in the fern genus *Elaphoglossum* (Dryopteridaceae). *Int. J. Plant Sci.*, 168(6), 905–929.
- Murillo, M.T., Murillo, J., León, A. & Triana L.A. (2008). *Los Pteridofitos de Colombia*. 2008. Arfo. Bogotá, D.C. 533 p.
- Rojas, A.F. (2003). New taxa, new records and redefined concepts in the *Elaphoglossum* sect. *Elaphoglossum* subsec. *Pachyglossa* (Lomariopsidaceae) from Mexico and Central America. *Rev. Biol. Trop.*, 51 (1), 1–32.
- Rojas, A.F. (2007). *Revisión taxonómica del género Elaphoglossum (Dryopteridaceae, Pteridophyta) para México y Centroamérica*. Tesis de grado. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa.
- Rouhan, G., Dubuisson, J., Rakotondrainibe, F., Motley, T.J., Mickel, J.T., Labat, J. & Moran, R.C. (2004). Molecular phylogeny of the fern genus *Elaphoglossum* (Elaphoglossaceae) based on chloroplast non-coding DNA sequences: contributions of species from the Indian Ocean area. *Mol. Phyl. & Evol.*, 33 (2004), 745–763.
- Skog, J.E., Mickel, J.T., Moran, R.C., Volovsek, M. & Zimmer, E.A. (2004). Molecular studies of Representative Species in the fern genus *Elaphoglossum* (Dryopteridaceae) based on cpDNA Sequences *rbcl*, *trnL-F*, and *rps4-trnS*. *Int. J. Plant Sci.*, 165 (6), 1063–1075.

Nuevos registros de helechos (Pteridophyta) para Honduras, Parque Nacional La Tigra y Reserva Biológica Misoco.

Ruth K. Hernández-Cibrián¹, Alexander Rojas-Alvarado² y Rony Moreno³

¹Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), Tegucigalpa. E-mail: rkhcibrian@gmail.com

²Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia (UNA), Costa Rica. e-mail: alfrojasa@yahoo.com.

³Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), Tegucigalpa, Honduras.

Correspondencia

A. Rojas-Alvarado

e-mail: alfrojasa@yahoo.com

Recibido: 9 junio 2017

Aceptado: 29 agosto 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

El Parque Nacional La Tigra (PNLT) y la Reserva Biológica Misoco, al poseer el ecosistema característico de los bosques nublados, son un reservorio importante de biodiversidad y específicamente de helechos, ambas áreas protegidas se encuentran fuertemente presionadas por las actividades antropogénicas.

Durante el proceso de investigación se realizó la colecta de especies en el Parque Nacional La Tigra el 05 de julio y en la Reserva Biológica Misoco del 09 al 11 de octubre de 2012 y la revisión de especímenes en los herbarios Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Herbario Cyril Nelson (TEFH), Herbario Paul C. Standley, Universidad Zamorano (EAP), Herbario Nacional de México (MEXU), Missouri Botanical Garden (MO) y la base de datos Trópicos del Missouri Botanical Garden (MO), para obtener registros previos. Los especímenes fueron determinados y distribuidos a los herbarios CR, EAP y TEFH como testigos. Finalmente se obtuvieron un total de cinco nuevos registros para Honduras, 34 nuevos registros para el Parque Nacional La Tigra y 46 para la Reserva Biológica Misoco, aumentando así el conocimiento sobre los Pteridofitas en Honduras.

Palabras clave: Helechos, Honduras, La Tigra, Misoco, novedades corológicas.

Abstract

New records of ferns (Pteridophyta) from Honduras, La Tigra National Park, and Misoco Biological Reserve.

The National Park La Tigra (PNLT) and the Misoco Biological Reserve, possessing the ecosystem characteristic of cloud forests, are an important reservoir of biodiversity and specifically of ferns, both protected areas are strongly pressured by anthropogenic activities.

During the research process, the collection of species was carried out in La Tigra National Park on July 5 and in the Misoco Biological Reserve from 9 to 11 October 2012 and the review of specimens in the herbaria National Autonomous University of Honduras, Cyril Nelson Herbarium (TEFH), Herbarium Paul C. Standley, Zamorano University (EAP), National Herbarium of Mexico (MEXU), Missouri Botanical Garden (MO), and the Missouri Botanical Garden (MO) Tropics database for prior records. Specimens were determined and distributed to the herbaria CR, EAP and TEFH as controls. Finally, a total of five new records were obtained for Honduras, 34 new records for La Tigra National Park and 46 for Reserva Biológica Misoco, thus increasing knowledge about Pteridophytes in Honduras.

Key words: Ferns, Honduras, La Tigra, Misoco, chorological novelties

Introducción

Honduras posee una gran biodiversidad de plantas que aún no ha sido estudiada o inventariada en su totalidad. Existen a nivel nacional 91 áreas protegidas dentro de las cuales se destacan el Parque Nacional La Tigra y La Reserva Biológica de Misoco, las cuales son objeto del presente estudio y que fueron declaradas mediante Decreto No. 87-87 "Cuya finalidad es la protección de los bosques Nublados como reservorio y fuente de biodiversidad y agua (Congreso Nacional de Honduras, 1987).

El bosque nublado del neotrópico se caracteriza por la presencia constante de nubes o niebla en movimiento, que aumenta la cantidad de humedad en la atmósfera y el volumen de agua depositada sobre la vegetación y el suelo. La vegetación de los bosques nublados es compleja, se encuentra alta riqueza de especies, donde pocas son abundantes y muchas especies son raras o poco frecuentes (Jiménez, 2009).

El Parque Nacional La Tigra (PNLT), se encuentra ubicado aproximadamente a 12 Km de la ciudad de Tegucigalpa, en el Departamento de

Francisco Morazán, tiene un área total de 24,040 hectáreas, con un núcleo de 7.571 ha y una zona de amortiguamiento de 16,469 ha (Tribunal Superior de Cuentas, 2012).

La Tigra tiene cuatro zonas de vida (basada en la clasificación de Holdridge 1962) que son: a) El bosque húmedo subtropical (bh-S), donde se encuentra la asociación denominada Ocotal, ubicada por debajo de los 1.300 m, b) El bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MBS), donde se encuentra la asociación pino y liquidámbar ubicada entre 1,300 m y 1.800 m y el bosque nublado de maderas duras ubicado arriba de los 1.800 m, c) El bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MBS) y d) El bosque seco subtropical, bs-S (Villeda, 2013). Fig. 1

La Reserva Biológica de Misoco (RBM), se sitúa aproximadamente a 100 Km, al suroeste de Tegucigalpa; se encuentra entre los municipios de Guaimaca y Orica en el Departamento de Francisco Morazán y los municipios de Concordia y Guayape en el Departamento de Olancho, tiene un área total de 4,572.36 ha (ICF, 2016).

En la RBM se identifican los siguientes ecosistemas (según el sistema de clasificación

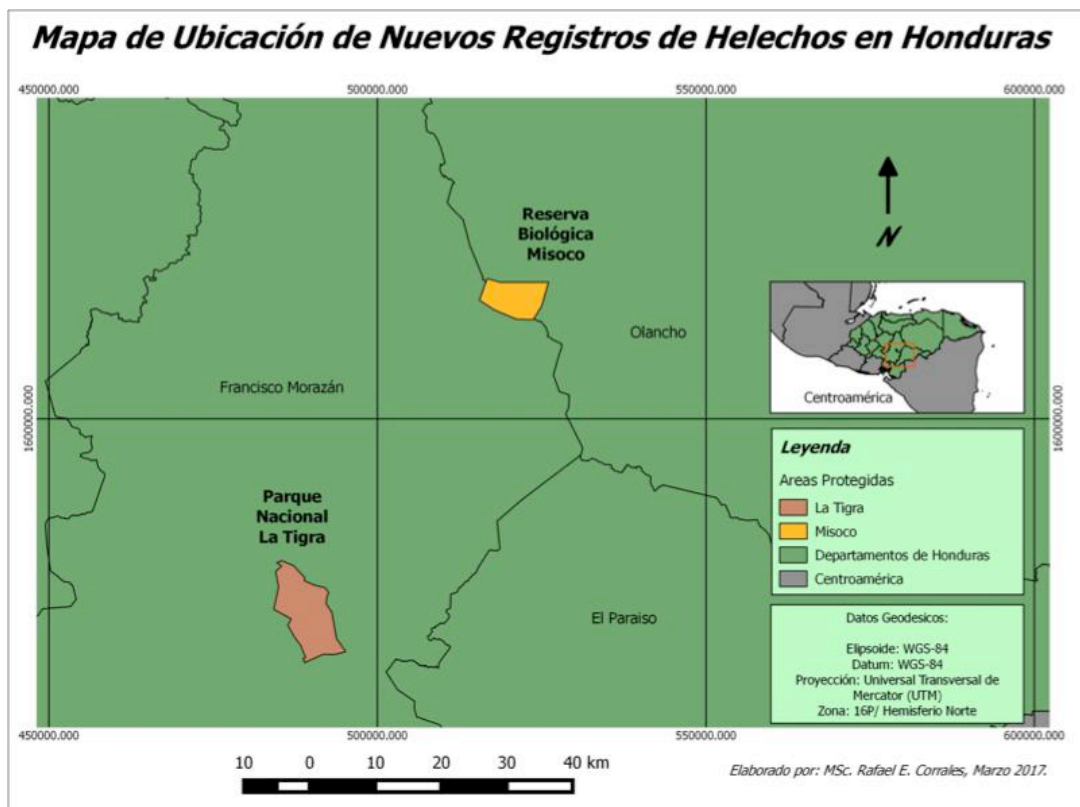


Figura 1. Ubicación de áreas protegidas de los nuevos registros de helechos para Honduras. **Figure 1.** Location of protected areas of new ferns records from Honduras.

UNESCO, 1973): a) Bosque latifoliado Montano Superior, tiene un área de 2.097.6948 Ha, donde se encuentran especies como Pino (*Pinus pseudostrabus* Lindl.), Roble (*Quercus oleoides* Schldl.&Cham.), Araliaceae (*Oreopanaxalapensis* (Kunth) Decne. & Planch.), Anacardiaceae (*Mauria sessiliflora* Standl.) y algunos helechos y palmas abundantes, b) Bosque latifoliado altimontano, ubicado en la zona núcleo de la reserva a una altura que va desde 1, 800 hasta 2,143 m en el Cerro el Volcán. Es común encontrar especies como Tapa tamal (*Alchornea latifolia* Sw.) y araliáceas como *Dendropanax* sp., c) Bosque acicuifoliado sub montano, ubicado aproximadamente 700 -900 m y la especie predominante es el Pino (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl.), d) Bosque acicuifoliado montano inferior, Ubicado entre los 900 a 1,200 m, la especie más común es el Pino (*Pinus oocarpa*) y e) Sistema agropecuario, Comprende una área de 1.361.58 has, forma parte de casi toda la zona de amortiguamiento que va desde los 800 a 1,100 m, fuertemente influenciada (en todos los municipios) por los cultivos de subsistencia como café, maíz, frijoles y bananos (ICF, 2015).

Las áreas protegidas en Honduras están siendo fuertemente presionadas por el avance de la agricultura y la ganadería por lo que es de suma importancia realizar estudios con la finalidad de conocer las especies que existen en ellas y contribuir así a generar información que ayude a realizar una mejor gestión de estas áreas protegidas, especialmente las del presente estudio.

Es importante resaltar que existen varias publicaciones y estudios sobre los helechos y lycopodios de Honduras. El estudio más reciente sobre helechos fue realizado en el Parque Nacional Montaña de Celaque (PNMC), en el cual se reporta el descubrimiento de nueve registros de helechos para Honduras de un total de 210 (Rojas, 2012).

En el PNLT el primer estudio de vegetación fue realizado por Cruz & Erazo (1977), en el cual reporta un total de 33 especies de helechos, posteriormente Hernández et al., (2005 y 2006) realizaron dos estudios sobre la diversidad de helechos en los senderos La Esperanza (54 especies) y La Cascada (55 especies).

Hernández (2012) realiza el primer inventario de helechos para la RBM en el cual reporta un total de 46 especies.

Metodología

La investigación se realizó en el Parque Nacional La Tigra (PNLT) y la Reserva Biológica Misoco (RBM), e involucró colecta de especímenes

y revisión de material en los herbarios Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Herbario Cyril Nelson (TEFH), Herbario Paul C. Standley, Universidad Zamorano (EAP), Herbario Nacional de México (MEXU) y Missouri Botanical Garden (MO).

El trabajo de campo en el PNLT, se realizó entre el 05 de julio de 2012 y consistió en el recorrido de la calle principal 1 Km (cerca del centro de visitantes) y el sendero la Cascada (8 Km y reversa) del Parque Nacional La Tigra (1.700 m hasta 2.020 m), obteniendo un total de 67 especímenes y 55 especies.

El trabajo de campo en la RBM se realizó del 09 al 11 de octubre de 2012, en tres diferentes lugares a) el sendero Los Olingos (2.5 Km) aprox. a 1729 m, próximo a la Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán, b) Comunidad de Batideros Orica (1 Km) aprox. a 1674 m, Departamento de Francisco Morazán y c) Comunidad Ojo de Agua Municipio de Concordia (1 Km) aprox. a 1517 m, en el Departamento de Olancho, en donde se colectó un total de 46 especímenes.

Es importante resaltar que los especímenes fueron recolectados y preservados de acuerdo con el método establecido por Lorea y Riba (1990), y distribuidos en los siguientes herbarios: a) Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Herbario Cyril Nelson (TEFH) b) Herbario Paul C. Standley, Universidad Zamorano (EAP) y c) Museo Nacional de Costa Rica (CR).

La determinación de los especímenes se hizo principalmente con base en los tratamientos de Flora Mesoamericana (Moran, Riba, 1995) y The Pteridophytes of Mexico (Mickel & Smith, 2004).

Resultados

En la realización de ambas investigaciones se obtuvo un total de cuatro nuevos registros para Honduras: cinco para el Parque Nacional La Tigra y cuatro para la Reserva Biológica Misoco.

En el PNLT se obtuvieron un total 12 familias, la más común fue Polypodiaceae con 10 géneros (*Alansmia* M. Kessler, Moguel, Sundue & Labiak, *Ascogrammitis* Sundue, *Campyloneurum* C. Presl, *Cochlidium* Kaulf., *Lellingeria* A.R. Sm. & R.C. Moran, *Melpomene* A.R. Sm. & R.C. Moran, *Moranopteris* R.Y. Hirai & J. Prado, *Mycopteris* Sundue, *Polypodium* L. y *Stenogrammitis* Labiak), seguida por la familia Hymenophyllaceae y Dryopteridaceae cada uno con tres géneros. Finalmente se obtuvo un total de 34 nuevos registros para el Parque Nacional La Tigra y 55 especies colectadas.

Para la RBM se obtuvieron un total 28 géneros, 15 familias, la más común fue Polypodiaceae con 7 géneros (*Campyloneurum*, *Melpomene*, *Niphidium* J. Sm., *Pecluma* M.G. Price, *Phlebodium* (R. Br.) J. Sm., *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. y *Polypodium*), seguida por las familias Cyatheaceae, Dryopteridaceae, Hymenophyllaceae, Pteridaceae y Thelypteridaceae con dos géneros respectivamente. Es importante resaltar que este es el primer inventario de helechos realizado en la reserva. Finalmente se obtuvo un total de 45 especies.

Nuevos Registros para Honduras

Asplenium rutaceum (Willd.) Mett., Abh. Senckenberg. Naturf. Ges. 3: 173 (1859). *Aspidium rutaceum* Willd., Sp. Pl. 5: 266 (1810). Lectotipo. (Designado por Morton & Lellinger, 1966): Plumier, Traité Foug. Amér, t. 57 (1705).

Distribución. S. México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Guyana, Surinam, Ecuador, Galápagos, Perú, Bolivia, Jamaica y La Española.



Figura 2. *Asplenium rutaceum* (R. Hernández & R. Moreno 1103, TEFH). **Figure 2.** *Asplenium rutaceum* (R. Hernández & R. Moreno 1103, TEFH).

Material de nueva distribución. HONDURAS. Francisco Morazán: Reserva Biológica Montaña de Misoco, 100 Km al Noreste de Tegucigalpa. sendero Los Olingos, comunidad de Monte Galán, 14°37'36"N, 86°48'28"W, 1729 m, 11 oct 2012, R. Hernández & R. Moreno 1103 (EAP, TEFH) (fig. 2).

Comentarios. Esta especie se asemeja a *Asplenium maxonii* Lellinger en los ejes atropurpúreos, grado de división de la lámina y ápice cerrado terminando en una yema. Se diferencia porque *A. rutaceum* tiene los últimos segmentos libres elípticos con el ápice agudo o apiculado (vs. obovados con el ápice obtuso o redondeado en *A. maxonii*), además por lo general *A. maxonii* suele tener las pínulas acroscópicas basales con los segmentos parcialmente fusionados (vs. libres en *A. rutaceum*). Su aparición en Honduras era de esperarse debido a la amplia distribución que esta especie tiene en el neotrópico.

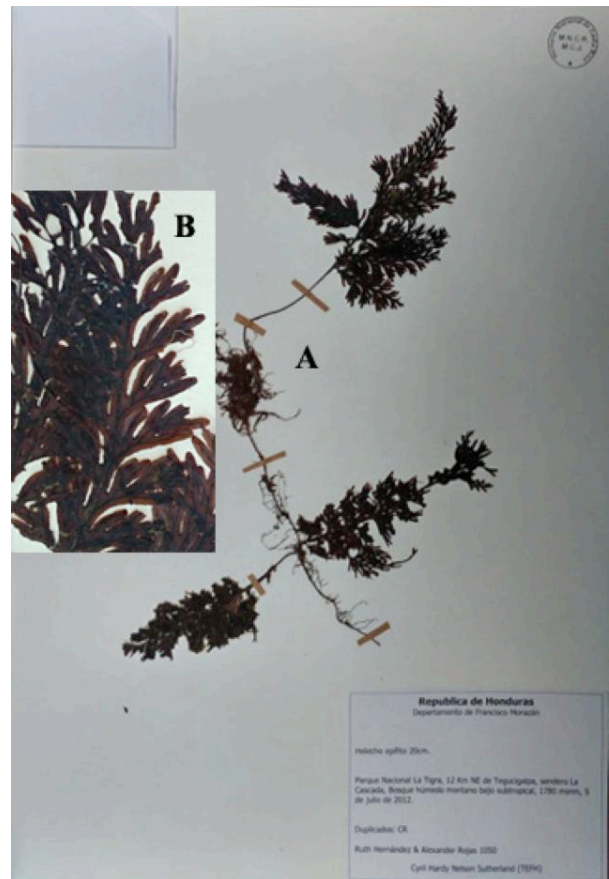


Figura 3. *Hymenophyllum consanguineum* (R. Hernández & A. Rojas 1050, CR). **A.** Hábito. **B.** Detalle de la lámina. **Figure 3.** *Hymenophyllum consanguineum* (R. Hernández & A. Rojas 1050, CR). **A.** Habit. **B.** Blade detail.

Hymenophyllum consanguineum C.V. Morton, Contr. U.S. Natl. Herb. 29: 163. (1947). Tipo: Panamá, *W. Maxon 5624* [Holotipo US; Isotipos: BM, GH, LE, NY, P, S].

Distribución. Honduras, Costa Rica, Panamá y Venezuela.

Material de nueva distribución. HONDURAS. Francisco Morazán: Parque Nacional La Tigra, 12 Km NE de Tegucigalpa, sendero La Cascada, 14°12'20"N, 87°07'35"W, 1780 m, 5 jul 2012, *R. Hernández & A. Rojas 1050* (CR, EAP, TEFH) (fig. 3).

Comentarios: Esta especie se puede caracterizar por tejido laminar peloso en las venas y margen (no en el tejido laminar), estípite 0.3-1 mm de diámetro y no alado, y raquis alado hasta la base. Esta ampliación de distribución hace que Honduras sea su límite Norte.

Hymenophyllum maxonii Christ ex C.V. Morton, Contr. U.S. Natl. Herb. 29: 165. (1947). Tipo:

Guatemala, *W. Maxon & R. Hay 3326* (holotipo: US; Isotipo: GH).

Distribución: S. México, Guatemala y Honduras.

Material de nueva distribución. HONDURAS. Francisco Morazán: Parque Nacional La Tigra, 12 Km NE de Tegucigalpa, sendero La Cascada, bosque húmedo montano bajo subtropical, 14°12'20"N, 87°07'35"W, 1740 m, 5 jul 2012, *R. Hernández & A. Rojas 1055* (CR, EAP, TEFH) (fig. 4).

Comentarios: Esta especie se diferencia de *Hymenophyllum consanguineum* por tricomas del margen bifurcados o estrellados, de *H. hirsutum* (L.) Sw. por peciolo exhalado y de *H. trapezoidale* Liebm. por raquis alado hasta la base.

Polypodium puberulum Schldl. & Cham., *Linnaea* 5: 607 (1830). Isotipo: México, *Schiede & F. Deppe 747* (Isotipo B). *Polypodium*



Figura 4. *Hymenophyllum maxonii* (R. Hernández & A. Rojas 1055, CR). **A.** Hábito. **B.** Detalle de la lámina. **Figura 4.** *Hymenophyllum maxonii* (R. Hernández & A. Rojas 1055, CR). **A.** Habit. **B.** Blade detail.



Figura 5. *Polypodium puberulum* (R. Hernández & A. Rojas 1031, CR). **A.** Hábito. **B.** Rizoma. **C.** Detalle de pinna. **Figure 5.** *Polypodium puberulum* (R. Hernández & A. Rojas 1031, CR). **A.** Habit. **B.** Rhizome. **C.** Pinna detail.

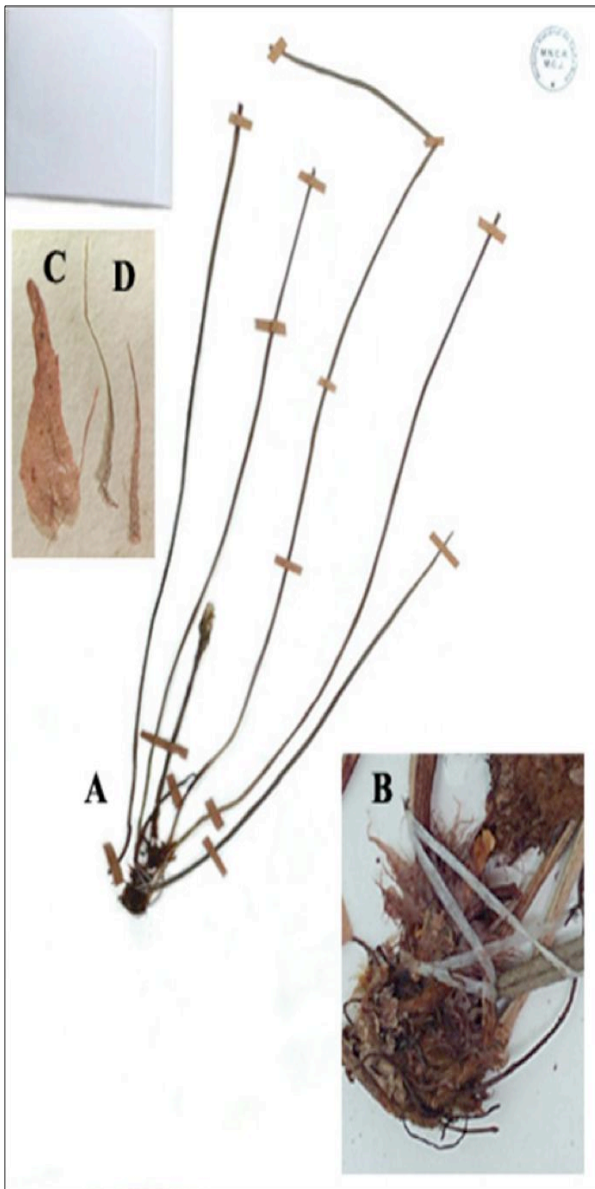


Figura 6. *Vittaria costaricensis* (A. Rojas et al. 10067, CR). **A.** Hábito. **B.** Rizoma. **C.** Escama del rizoma. *Vittaria lineata*. **D.** Escamas del rizoma. **Figura 6.** *Vittaria costaricensis* (A. Rojas et al. 10067, CR). **A.** Habit. **B.** Rhizome. **C.** Rhizome scale. *Vittaria lineata*. **D.** Rhizome scales.

ehrenbergianum Klotzsch, *Linnaea* 20: 381. (1847). Tipo: México, *Ehrenberg s.n.* (B; Isotipo S, photo, US).

Distribución: México, Honduras, El Salvador.

Material de nueva distribución. HONDURAS. Francisco Morazán: Parque Nacional La Tigra, 12 Km NE de Tegucigalpa, sendero La Cascada, bosque húmedo montano bajo subtropical, 14°12'20"N, 87°07'35"W, 1780 m, 5 jul 2012, R. Hernández & A. Rojas 1031, (CR, EAP,TEFH) (fig. 5).

Comentarios: Según Morán (1995) *Polypodium puberulum* difiere de *P. hartwegianum* Hook. por soros redondeados y peciolo 0.3-1 veces el largo de la lámina. Sin embargo, *P. hartwegianum* puede tener peciolo largo o corto al igual que *P. puberulum*, lo que si las distingue son las escamas del rizoma pardo rojizas en *P. puberulum* (vs. amarillo pálido, al menos terminalmente en *P. hartwegianum*) y frondas más grandes con pinnas más anchas en *P. puberulum*.

Vittaria costaricensis Lellinger, Proc. Biol. Soc. Washington 98(2): 389, f. 18. 1985. Tipo: Costa Rica, Guanacaste, El Silencio, near Tilarán, ca. 750 m, P. Standley & J. Valerio 44805 (Holotipo: US (foto, CR-131785); Isotipo: GH).

Distribución: Honduras, Costa Rica.

Material de nueva distribución. HONDURAS. Lempira: Parque Nacional Montañas de Celaque, sendero Principal, entre campamento El Naranja y el cruce del sendero rumbo al cerro Las Minas, 14°32'36"N, 88°40'57"W, 2575-2700 m, 28 jun 2012, A. Rojas et al. 10067 (CR, EAP, TEFH) (fig. 6).

Comentarios: Por mucho tiempo *Vittaria costaricensis* ha sido considerada como sinónimo de *V. lineata* (L.) Sm. por sus frondas largamente lineares, pero esta semejanza morfológica no refleja una semejanza evolutiva, porque sus escamas son escasamente clatradas, lanceoladas y anaranjadas a pardo-grisáceas, revelando probablemente similitud con especies como *V. graminifolia* Kaulf.

Nuevos registros para el Parque Nacional La Tigra:

Alansmia senilis (Fée) Moguel & M. Kessler (R. Hernández & A. Rojas 1003, CR, EAP, TEFH).

Ubicación. Sendero La Cascada.

Alsophila tryoniana (Gastony) D.S. Conant (R. Hernández & A. Rojas 1063, EAP, CR, TEFH).

Ubicación. Sendero principal.

Campyloneurum angustifolium (Sw.) Fée (R. Hernández & A. Rojas 1033, EAP, CR, TEFH).

Ubicación. Sendero principal.

Cochlidium serrulatum (Sw.) L.E. Bishop (R. Hernández & A. Rojas 1044, EAP, CR, TEFH).

Ubicación. Sendero La Cascada.

Ctenitis grisebachii (Baker) Ching (R. Hernández & A. Rojas 1013, EAP, CR, TEFH).

Ubicación. Sendero La Cascada.

Cyathea bicrenata Liebm. (R. Hernández & A. Rojas 1059, EAP, CR, TEFH).

Ubicación. Sendero principal

Dennstaedtia dissecta (Sw.) T. Moore (R. Hernández & A. Rojas 1040, EAP, CR, TEFH).

- Ubicación. Sendero La Cascada.
Diplazium urticifolium var. *mesoamericanum* A. Rojas (R. Hernández & A. Rojas 1020, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Elaphoglossum glaucum T. Moore (R. Hernández & A. Rojas 1037, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Elaphoglossum guatemalense (Klotzsch) T. Moore (R. Hernández & A. Rojas 1036, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Elaphoglossum mexicanum (E. Fourn.) A. Rojas (R. Hernández & A. Rojas 1007, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Elaphoglossum paleaceum (Hook. & Grev.) Sledge (R. Hernández & A. Rojas 1061, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero principal.
Elaphoglossum petiolatum (Sw.) Urb. (R. Hernández & A. Rojas 1039, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Elaphoglossum polypodium A. Rojas (R. Hernández & A. Rojas 1016, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Hymenophyllum crispum Kunth (R. Hernández & A. Rojas 1023, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Hymenophyllum hirsutum (L.) Sw. (R. Hernández & A. Rojas 1002, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Hymenophyllum tegularis (Desv.) Proctor & Lourteig (R. Hernández & A. Rojas 1001, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Lycopodium clavatum L. (R. Hernández & A. Rojas 1062, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero principal.
Macrothelypteris torresiana (Gaudich.) Ching (R. Hernández & A. Rojas 1052, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Melpomene pilosissima (M. Martens & Galeotti) A.R. Sm. & R.C. Moran (R. Hernández & A. Rojas 1045, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Mildella intramarginalis (Kaulf. ex Link) Trevis (R. Hernández & A. Rojas 1057, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero principal.
Moranopteris basiattenuata (Jenman) R.Y. Hirai & J. Prado (R. Hernández & A. Rojas 1047, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Mycopteris semihirsuta (Klotzsch) Sundue (R. Hernández & A. Rojas 1004, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Mycopteris subtilis (Kunze ex Klotzsch) Sundue (R. Hernández & A. Rojas 1005, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Polypodium pleurosorum Kunze ex Mett. (R. Hernández & A. Rojas 1028, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Polystichum muricatum (L.) Fée (R. Hernández & A. Rojas 1014, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Pteridium arachnoideum (Kaulf.) Maxon (R. Hernández & A. Rojas 1043, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Pteridium caudatum (L.) Maxon (R. Hernández & A. Rojas 1027, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Pteridium feei (W. Schaffn. ex Fée) Faull (R. Hernández & A. Rojas 1029, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Selaginella silvestris Aspl. (R. Hernández & A. Rojas 1017, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Sticherus bifidus (Willd.) Ching (R. Hernández & A. Rojas 1030, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Christella dentata (Forssk.) Brownsey & Jermy (R. Hernández & A. Rojas 1049, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Thelypteris pilosula (Klotzsch & H. Karst. ex Mett.) R.M. Tryon (R. Hernández & A. Rojas 1038, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
Trichomanes krausii Hook. et Grev. (R. Hernández & A. Rojas 1034, EAP, CR, TEFH).
 Ubicación. Sendero La Cascada.
- Nuevos registros de helechos para la Reserva Biológica Misoco**
- Adiantum andicola* Liebm. (R. Hernández y R. Moreno 1079, EAP, TEFH).
 Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.
Adiantum concinnum Humb. & Bonpl. ex Willd. (R. Hernández y R. Moreno 1068, EAP, TEFH).
 Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.
Adiantum feei T. Moore ex Fée (R. Hernández y R. Moreno 1084, EAP, TEFH).
 Ubicación. Comunidad de Batideros, Municipio de Orica, Departamento de Francisco Morazán.
Alsophila salvinii Hook. in Hook. et Baker (R. Hernández y R. Moreno 1095, EAP, TEFH).
 Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
Arachniodes denticulata (Sw.) Ching (R. Hernández y R. Moreno 1099, EAP, TEFH).
 Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
Asplenium abscissum Willd. (R. Hernández y R. Moreno 1089, EAP, TEFH).
 Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
Asplenium auriculatum Sw. (R. Hernández y R. Moreno 1088, EAP, TEFH).
 Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
Asplenium cuspidatum Lam. (R. Hernández y R. Moreno 1085, EAP, TEFH).
 Ubicación. Comunidad de Batideros, Municipio de Orica, Departamento de Francisco Morazán.

- Asplenium radicans* L. (R. Hernández y R. Moreno 1098, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Asplenium serra* Langsd. et Fisch. (R. Hernández y R. Moreno 1073, EAP, TEFH).
Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.
- Blechnum divergens* (Kunze) Mett. (R. Hernández y R. Moreno 1078, EAP, TEFH).
Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.
- Blechnum lherminieri* (Bory) C. Chr. (R. Hernández y R. Moreno 1090, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Blechnum schiedeianum* (Schltdl. ex C. Presl) Hieron. (R. Hernández y R. Moreno 1091, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Botrychium underwoodianum* Maxon (R. Hernández y R. Moreno 1077, EAP, TEFH).
Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.
- Campyloneurum angustifolium* (Sw.) Fée (R. Hernández y R. Moreno 1081, EAP, TEFH).
Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.
- Cibotium regale* Verschaff. et Lem. (R. Hernández y R. Moreno 1083, EAP, TEFH).
Ubicación. Comunidad de Batideros, Municipio de Orica, Departamento de Francisco Morazán.
- Cyathea divergens* var. *tuerckheimii* (Maxon) R.M. Tryon (R. Hernández y R. Moreno 1096, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Cyathea valdecrenata* Domin (R. Hernández y R. Moreno 1101, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Dennstaedtia bipinnata* (Cav.) Maxon (R. Hernández y R. Moreno 1092, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Diplazium donnell-smithii* Christ (R. Hernández y R. Moreno 1110, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Diplazium ternatum* Liebm. (R. Hernández y R. Moreno 1100, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Elaphoglossum latifolium* (Sw.) J. Sm. (R. Hernández y R. Moreno 1086, EAP, TEFH).
Ubicación. Comunidad de Batideros, Municipio de Orica, Departamento de Francisco Morazán.
- Elaphoglossum tectum* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) T. Moore (R. Hernández y R. Moreno 1111, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Hymenophyllum polyanthos* (Sw.) Sw. (R. Hernández y R. Moreno 1106, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Hymenophyllum trapezoidale* Liebm. (R. Hernández y R. Moreno 1105, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Lophosoria quadripinnata* (J.F. Gmel.) C. Chr. in Skottsb. (R. Hernández y R. Moreno 1108, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Macrothelypteris torresiana* (Gaudich.) Ching (R. Hernández y R. Moreno 1109, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Marattia excavata* Underw. (R. Hernández y R. Moreno 1097, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Megalastrum pulverulentum* (Poir.) A.R. Sm. & R.C. Moran (R. Hernández y R. Moreno 1107, EAP, TEFH).
Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.
- Melpomene anfractuosa* (Kunze ex Klotzsch) A.R. Sm. et R. C. Moran (R. Hernández y R. Moreno 1075, EAP, TEFH).
Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.
- Niphidium crassifolium* (L.) Lellinger (R. Hernández y R. Moreno 1071, EAP, TEFH).
Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.
- Pecluma alfredii* (Rosenst.) M.G. Price (R. Hernández y R. Moreno 1072, EAP, TEFH).
Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.
- Phlebodium pseudoaureum* (Cav.) Lellinger (R. Hernández y R. Moreno 1074, EAP, TEFH).
Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.
- Pleopeltis angusta* Humb. et Bonpl. ex Willd. (R. Hernández y R. Moreno 1080, EAP, TEFH).
Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.
- Pleopeltis crassinervata* (Fée) T. Moore (R. Hernández y R. Moreno 1069, TEFH, EAP).
Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.

Polypodium lindenianum Kunze (R. Hernández y R. Moreno 1113, EAP, TEFH).

Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.

Polypodium longepinnulatum E. Fourn. (R. Hernández y R. Moreno 1102, EAP, TEFH).

Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.

Polypodium plebeium Schltld. et Cham. (R. Hernández y R. Moreno 1082, EAP, TEFH).

Ubicación. Comunidad de Batideros, Municipio de Orica, Departamento de Francisco Morazán.

Pteris podophylla Sw. (R. Hernández y R. Moreno 1094, EAP, TEFH).

Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.

Pteris quadriaurita Retz. (R. Hernández y R. Moreno 1093, EAP, TEFH).

Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.

Thelypteris minor (C. Chr.) A.R. Sm. (R. Hernández y R. Moreno 1070, EAP, TEFH).

Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.

Thelypteris scalaris (Christ) Alston (R. Hernández y R. Moreno 1087, EAP, TEFH).

Ubicación. Comunidad de Batideros, Municipio de Orica, Departamento de Francisco Morazán.

Trichomanes radicans Sw. (R. Hernández y R. Moreno 1104, EAP, TEFH).

Ubicación. Sendero Los Olingos, Comunidad de Monte Galán, Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán.

Vittaria graminifolia Kaulf. (R. Hernández y R. Moreno 1076, EAP, TEFH).

Ubicación. Comunidad de Ojo de Agua, Concordia, Departamento de Olancho.

Discusión

El presente estudio reveló un total de cinco nuevos registros para Honduras, 34 nuevos registros para el Parque Nacional La Tigra (PNLT) y 46 nuevos registros para la Reserva Biológica Misoco (RBM).

Considerando que el área de estudio es pequeña con respecto al área total de ambas áreas protegidas (La Tigra 24, 040 ha y Misoco 4, 572.3 ha), se puede afirmar que se encontró una alta diversidad. Tal como lo menciona Moran (2004), en la hipótesis de la "Estabilidad del tiempo" justifica la mayor diversidad de helechos en los trópicos, porque estos han sido más estables climáticamente por millones de años, por lo que los períodos de extinción han sido pocos. A la vez es importante dar a conocer que la mayor diversidad se encontró

en la zona núcleo de ambas áreas protegidas (senderos La Cascada y Los Olingos), los cuales aún contienen bosque primario como remanentes, pues las actividades antropogénicas son de bajo impacto.

Puede decirse que la riqueza de especies encontradas en el PNLT y la RBM es debido a los microhabitats (rocas, troncos caídos, rizomas de helechos arborescentes, cuevas, y los pequeños cursos de agua) que existen en el área de estudio. De acuerdo a Pincheira (2011), la distribución de las especies en los diferentes microhabitats está relacionada a la estructura del hábitat, humedad, intensidad de luz y disponibilidad de materia orgánica en suelo y troncos.

Es importante resaltar que *Asplenium rutaceum* se encontró creciendo únicamente sobre las rocas y suelo, con mucha materia orgánica, a la orilla de la quebrada en el sendero Los Olingos y esto puede deberse a que los helechos dependen del agua para su reproducción y sobrevivencia. También se puede indicar que la deficiencia del agua en algún periodo del año puede provocar estrés o muerte para los helechos (Rojas, A., 2016).

La diversidad de helechos encontrada en las zonas de estudio, puede considerarse como un indicador del buen estado que aún tienen estas áreas protegidas, debido a que muchas especies de helechos tienen ciclos de vida cortos, por tanto, su sobrevivencia está determinada por la conservación de condiciones ambientales en estado óptimo, haciéndose adecuado conveniente monitorear datos como precipitación, humedad y temperatura, los cuales pueden variar a lo largo del año por los fenómenos climáticos regulares o cambio climático que afectan al país.

Conclusión

La aparición de varios de los nuevos registros para Honduras, refleja la escasez de información de su diversidad en helechos y licopodios, por lo que se recomienda inventarios exhaustivos en las áreas protegidas.

La realización de investigaciones como esta, permite conocer y tener información sobre la diversidad de especies que contienen las áreas protegidas, para realizar las gestiones correspondientes, a fin de establecer los mecanismos para realizar su monitoreo y así evitar que algunas especies puedan desaparecer por efecto de los fenómenos climáticos o por actividades antropogénicas.

A la vez es necesario realizar un ordenamiento territorial real, conservación y uso sostenible de la biodiversidad y de esta forma, evitar el cambio de

uso de suelo que se está produciendo de forma acelerada en la Reserva Biológica de Misoco y en menor grado en el Parque Nacional La Tigra.

Agradecimientos

Agradecemos al Licenciado Said Laínez, jefe del Departamento de Vida Silvestre (ICF) y al Licenciado Ivo Alvarado, Director Técnico del Parque Nacional La Tigra, quienes proporcionaron transporte y hospedaje para realizar el trabajo de campo en el Parque Nacional La Tigra, al Dr. Armando Ruíz del Museo de Historia Natural de Costa Rica, por la recepción y almacenamiento de los especímenes. Al Dr. Nelson Rene Chávez Hernández, Alcalde de Guaimaca, por la ayuda financiera para el trabajo de campo realizado en la Reserva Biológica Misoco, además del acompañamiento de Roberto Downing, Marlenia Acosta y Dinia Acosta, técnicos del ICF. También agradecemos la ayuda proporcionada por la Dra. Lilian Ferrufino y el Lic. Olvin Oyuela del Herbario TEFH, quienes apoyaron en el secado, almacenamiento y distribución de las muestras hacia el Herbario EAP. Al MSc. Rafael Corrales de la Facultad de Ciencias Espaciales de la UNAH, por la elaboración del mapa del área de estudio. Finalmente agradezco a todas aquellas personas que de una u otra forma nos extendieron su apoyo, nuestros más sinceros agradecimientos.

Referencias

- Congreso Nacional de Honduras (CNH). (5 de agosto de 1987). Decreto número 87-87. págs. 11-12.
- Cruz, G., & Erazo, M. (1977). *Análisis de la vegetación del bosque nebuloso "La Tigra"*. Tegucigalpa.
- Hernandez, R. (2006). *Diversidad de Helechos en el sendero La Cascada del Parque Nacional La Tigra*. Tegucigalpa: USAID/MIRA.
- Hernández, R. (2012). *Informe Técnico ICF-DVS-010-2012*. Tegucigalpa.
- Hernández, R., Nelson, C., Mejía, T., & Borjas, G. (2005). *Diversidad de helechos en el sendero La Esperanza del Parque Nacional La Tigra*. *Ceiba*, 1-2(46), 29-41. Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF). (2016). *Plan Operativo Reserva Biológica Misoco*. Tegucigalpa.
- Jimenez, J. (2009). *Los helechos del corredor del bosque nuboso de la Baja Verapaz, Guatemala*. Santo Domingo de Heredia: INBIO.
- Lorea, F., & Riba, R. (1990). *Guía para la recolección y preparación de ejemplares para herbario de Pteridofitas*. A.C.: Consejo Nacional de Flora de México.
- Mickel, J., & Smith, A. (2004). The Pteridophytes of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 88, 1-1029.
- Moran, R. (2004). *A natural history of ferns*. Oregon: Timber Press.
- Moran, R., & Riba, R. (1995). *Flora Mesoamericana. Volumen 1. Psilotaceae a Salviniaceae*. México: UNAM.
- Pincheira, U. (2011). Patrones de diversidad de plantas trepadoras y epifitas vasculares en el bosque lluvioso Valdiviano de Sudamérica: una síntesis entre los años 200 y 2010. *Phyton*, 9-18.
- Rojas, A. (2012). Nuevos registros de licopodios y helechos para Honduras y el Parque Nacional Montañas de Celaque. *Biodiversidad Neotropical*, 83-92.
- Rojas, A. (2016). *Variación en la diversidad y distribución de licófitos y helechos en la Estación Biológica Río Macho y su relación con variaciones climáticas*. Tomado de: <http://www.observatorioambiental.una.ac.cr/index.php/indicadores-ambientales/tema/357-variacion-en-la-diversidad-y-distribucion-de-licofitos-y-helechos-en-la-estacion-biologica-rio-macho-y-su-relacion-con-variaciones-climaticas>, 13 de Mayo de 2017.
- Tribunal Superior de Cuentas (TSC). (2012). *Auditoría de gestión ambiental practicada a el Instituto de Conservación forestal sobre la administración del área protegida Parque Nacional La Tigra (PNLT)*. Tegucigalpa: TSC.
- Villeda, E. (2013). *Plan de manejo del Parque Nacional La Tigra*. Tegucigalpa: ICF.

Tree ferns dominate secondary succession in abandoned pineapple plantations around Manu National Park, Peru

Olivia Schilling¹ and Adrian Tejedor²

¹The Evergreen State College. ²The School for Field Studies

Correspondencia

A. Tejedor

e-mail: adriantejedor@gmail.com

Recibido: 24 junio 2017

Aceptado: 16 septiembre 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Abstract

Habitat management and restoration in buffer zones of national parks is critical for maintaining ecosystem services and biological connectivity in and around the parks' core protected areas. Vegetation succession in abandoned plantations in buffer zones may take different paths that reach climax ecosystems in more or less time depending on the conditions of initial succession, thus enhancing or hindering biological connectivity and ecosystem services. This study documents the dominance of tree ferns in the initial stages of vegetation succession on abandoned pineapple plantations on the Andean foothills around Manu National Park, Peru, and discusses the role it may have on ecosystem restoration. Four years after abandonment, tree fern gametophytes grow under the shade of pineapple plants and melastomes. After 6-10 years of succession, the vegetation is dominated by a tree fern community composed of at least eight species, of which the most common are by far *Cyathea delgadii* and *Cyathea microdonta*. *Cyathea microdonta* functions as a short-lived pioneer, reaching its peak of live stem density in 6 to 10 years and dying off in older plots. *Cyathea delgadii*, on the other hand, continues to grow and persists beyond 10 years of succession. Areas adjacent to abandoned pineapple fields have few tree ferns and higher tree species diversity, suggesting that pineapple agriculture and the resulting tree fern community may be a longer pathway to reach climax vegetation stages than other types of plantation.

Key words: vegetation succession, tree ferns, Peru, Amazon, Manu National Park

Resumen

Los helechos arborescentes dominan la sucesión secundaria en plantaciones de piña abandonadas alrededor del Parque Nacional del Manu, Perú

El manejo y la restauración de hábitats en áreas de amortiguamiento de parques nacionales son críticos para mantener los servicios ecosistémicos y la conectividad biológica alrededor de las zonas núcleo de las áreas protegidas. La sucesión ecológica en plantaciones abandonadas en áreas de amortiguamiento pueden seguir cursos diferentes que alcanzan estabilidad en más o menos tiempo en dependencia de las condiciones iniciales de la sucesión, mejorando u obstaculizando los servicios ecosistémicos y la conectividad biológica. Este estudio documenta la dominancia de los helechos arborescentes en las etapas iniciales de la sucesión ecológica en piñales abandonados en el piedemonte Amazónico de los Andes en el Parque Nacional del Manu. Cuatro años después del abandono de las plantaciones, los gametofitos de helechos arborescentes se encuentran creciendo a la sombra de plantas de piña y de la familia Melastomataceae. Después de 6–10 años de sucesión, la vegetación aparece dominada por una comunidad de helechos arborescentes de al menos ocho especies, entre las cuales las más comunes son *Cyathea delgadii* y *Cyathea microdonta*. *Cyathea microdonta* funciona como una especie pionera de vida corta, alcanzando su pico de densidad a los 6–10 años y prácticamente desapareciendo en parcelas más antiguas. *Cyathea delgadii*,

por otro lado, continua creciendo y persiste más allá de los diez años. Las áreas adyacentes a los piñales abandonados muestran relativamente pocos helechos arborescentes y mayor diversidad de árboles, lo cual sugiere que el cultivo de piña y la comunidad de helechos arborescentes que le sucede puede ser un mecanismo de sucesión más largo hacia la recuperación de la vegetación clímax que otros tipos de cultivos.

Palabras clave: sucesión ecológica, helechos arborescentes, Perú, Amazonia, Parque Nacional del Manu

Introduction

Under advancing degradation and fragmentation of the world habitats, conservation strategies will increasingly rely on active management and ecosystem restoration to ensure biological connectivity and maintenance of ecosystem services (Lindenmayer, 2008, Suding, 2011). Together with remnant patches of original habitats, restored habitats will likely be major components of biological corridors (Chazdon, 2008), and their management must include an understanding of pathways and mechanisms of ecological succession (Young et al., 2001). Buffer areas of national parks and other protected areas, are habitat restoration hotspots due to the higher degradation pressures they sustain (Sanchez-Azofeifa et al., 2003), and because, in the tropics, they mostly consist of highly dynamic rotational agriculture landscapes with the potential to revert to climax habitats (Chapman, 1999).

Manu National Park, in the Peruvian Amazon-Andes region, is the core protected area of Manu Biosphere Reserve, a UNESCO Natural World Heritage Site due to the high biological diversity encompassed in its 300–4020 m elevation gradient (Yallico and Suarez de Freitas, 1995). It is surrounded by a buffer zone that includes two different land uses. Along the northern and western boundaries, it is flanked by legally protected natural and indigenous reserves, mostly devoid of commercial large-scale land use change (Yallico and Suarez de Freitas, 1995). Along the eastern and southern boundaries, on the other hand, it is flanked by a more populous, 9 km wide Cultural Zone that is not legally protected but where sustainable economic activities are allowed, including low impact extraction of timber and other forest products, agriculture, ecotourism, and subsistence hunting (Shepard et al., 2010). As in much of Amazonian Peru, in the tropical belt of Manu's Cultural Zone, with the exception of coca cultivation, agriculture has remained almost entirely

rotational (Bishop, 1982), allowing secondary forests to regenerate on abandoned crops for several years.

Beginning in the 1980s, private ecological reserves have sprung up in Manu's Cultural Zone (Yallico and Suarez de Freitas, 1995), some of which have inherited considerable degrees of habitat disturbance from previous timber extraction, cattle grazing, and rotational agriculture. Established in 2010, Villa Carmen Biological Station and Reserve is one of such private reserves, which, in addition to old growth forests, supports land continuously used for timber and rotational agriculture since the early 20th century (G. Muñiz, pers. comm.). Fallow plots that had been used for different crops in Villa Carmen, appear to support markedly different successional assemblages, among which nearly pure stands of tree ferns growing on abandoned pineapple fields at different stages of succession are particularly striking. This study aimed to investigate the composition and dynamics of the tree fern community established on abandoned pineapple at Villa Carmen Biological Station in order to document the vegetation succession on one of the most common crops around Manu National Park, and understand its role in forest regeneration and potential reversal to climax habitat in the buffer zone of this biosphere reserve.

Objectives

To document the composition and dynamics of tree fern successional communities on abandoned pineapple plantations in the buffer zone of Manu National Park and understand the role of these communities in the regeneration of climax forest.

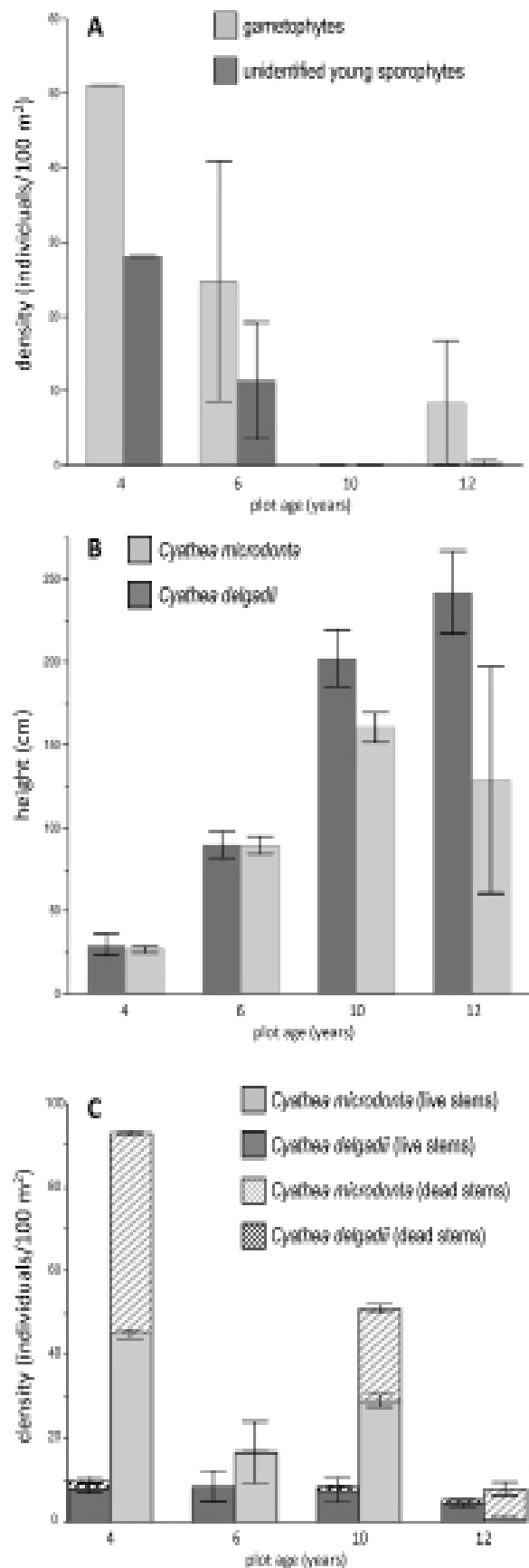
Methods

Our study was conducted in November 2013 and February 2014 on the Villa Carmen Biological Station and Reserve (12°53'N, 71°24'W),

managed by the Amazon Conservation Association (ACA). The station is located near Pilcopata in the Kosñipata Valley, Cusco, Peru at an elevation of 520 m. The reserve protects premontane rainforest adjacent to Manu National Park, which shows increasing degrees of disturbance closer to the station. The average annual precipitation is 3000–5000 mm and the average annual temperature is 23°C.

Three plots were set up in each of four stages (4, 6, 10 and 12 years old) of abandoned pineapple fields. Plots were 10 x 10 m, where adult tree ferns were counted and measured, and each contained 25 subplots of 1 x 1 m each, randomly placed where gametophytes and young sporophytes were counted. All ferns were identified to species and very young sporophytes that could not be identified were counted separately. Subplots were accessed by 30 cm wide paths cut in one direction every two meters as well as around the borders. Trees and tree ferns were left undisturbed if within the 30 cm paths and pineapple plants were trimmed but not removed. Tree fern trunk height was measured in the individuals that could be identified to species from the ground to the tip of the trunk apex. Dead ferns were also measured, counted and identified. Mean heights and densities between ages and species were compared with ANOVA tests. All statistical analyses were conducted using JMP Pro 10 (JMP Statistics, SAS, Inc., Cary, NC).

Figure 1. Changes in structure of a tree fern community in Pilcopata, Cusco, Peru, across 12 years of secondary succession. **A).** Decrease in density of earlier demographic classes, gametophytes and young sporophytes not identified to species (ANOVA, $p < 0.05$). **B).** Mean increase in height of the two dominant species in the community, *C. delgadii* and *C. microdonta* (ANOVA, $p < 0.05$). **C).** Density of adult sporophytes across 8 years of succession. *Cyathea microdonta* decreases in density and almost disappears by year 12 (ANOVA, $p < 0.05$), whereas the density of *Cyathea delgadii* remains virtually unchanged (ANOVA, $p > 0.05$). **Figura 1.** Cambios en la estructura de una comunidad de helechos arborescentes en Pilcopata, Cusco, Perú, a lo largo de 12 años de sucesión secundaria. **A).** Disminución en la densidad de las clases etarias más jóvenes, gametofitos y esporofitos jóvenes no identificables (ANOVA, $p < 0.05$). **B).** Incremento en promedio de la altura de las dos especies dominantes en la comunidad, *C. delgadii* y *C. microdonta* (ANOVA, $p < 0.05$). **C).** Densidad de esporofitos adultos a lo largo de 8 años de sucesión. *Cyathea microdonta* disminuye en densidad y prácticamente desaparece al doceavo año (ANOVA, $p < 0.05$), mientras que la densidad de *C. delgadii* no cambia significativamente (ANOVA, $p > 0.05$).



Results

Eight species of tree ferns were found growing in 12 abandoned pineapple plots at Villa Carmen Biological Station: *Cyathea microdonta* (Desv.) Domin (258 individuals), *Cyathea delgadii* Sternb. (93), *Cyathea leucolepismata* Alston (5), *Cyathea pungens* (Willd.) Domin (3), *Cyathea subincisa* (Kunze) Domin (2), *Alsophila cuspidata* (Kunze) D.S. Conant (1), *Cyathea dombeyi* (Desv.) Lellinger (1), *Cyathea lasiosora* (Mett. ex Kuhn) Domin (1). After abandonment, tree fern establishment took place underneath the pineapple plants and a 60 cm tall cover of Melastomataceae. By the fourth year of abandonment, bare soil around pineapple plants was covered with a sparse carpet of gametophytes averaging 51 individuals/m², unidentified young sporophytes averaging 29 individuals/m², and a 25 cm tall layer of older sporophytes that could be identified to species, which averaged 5.3 individuals/m² (fig. 1, 2). Succession after four years was marked by a decrease in the number of gametophytes, a thinning of young and adult sporophytes, and growth of adult sporophytes at an average rate of 22.5 cm/year (fig 1, p<0.05).

The two most common tree ferns, *C. microdonta* and *C. delgadii* differed markedly in their life history. *Cyathea microdonta* functioned as short-lived pioneer species, with an initial highly dense population (45 individuals/100m²) that accounted for 85% of all young sporophytes that could be identified to species. The number of live young sporophytes of *C. microdonta* was matched by a similar number (48 individuals/100m²) of dead individuals, indicating a high juvenile mortality. After 6 years, it decreased on average in stem density and almost died off completely at 12 years of forest regrowth. Its trend of decreasing density, however, was broken by the production of 3–5 lateral trunks after the death of the main trunk (fig 2). Lateral trunks continued to grow until the eventual death of the entire plant in the 12 year old plot but never attained the height of 10 year old solitary trunks. *Cyathea delgadii*, on the other hand, did not change in stem density between 4 and 12 years of secondary succession and its solitary trunks grew linearly at an average rate of 23.75 cm/year (fig 1, p>0.05). Its juvenile mortality in the 4 year old plot was only 4% that of *C. microdonta*.

Discussion

The results presented here indicate that pineapple cultivation and subsequent abandonment at the Amazonian foothills of the Andes sets off a

peculiar kind of vegetation succession involving a rich tree fern community with two densely represented, dominant species, *C. microdonta* and *C. delgadii*. The density of tree ferns in the abandoned pineapple fields at Villa Carmen is the highest reported from the Neotropics (Table 1), being 19 times higher than the average density found in neighboring secondary forest of the reserve (A. Min, unpublished data) and 1.5–42 times higher than densities found in lowland to premontane forests elsewhere in the New World (Table 1). Other sites with high tree fern densities, albeit still lagging far behind the abandoned pineapple fields at Villa Carmen, are at much higher elevations (La Planada, Colombia with 16

Figure 2. Five stages of tree fern dominated succession in Pilcopata, Cusco, Peru, across 12 years. **A)** Tree fern gametophytes (dark green kidney-shaped structures). Note young seedling of Melastomataceae at center top. **B)** young tree fern sporophyte of an unidentified species. **C)** young sporophyte identified to species, in this case, *Cyathea microdonta*. All young tree fern age classes were growing under the shade of 60 cm tall shrubby Melastomataceae and pineapple plants. **D)** six year old tree fern stand amid *Brachiaria* sp. and other grasses. Note isolated incipient pioneer angiosperm trees (*Cecropia* sp., *Trema* sp., and *Jacaranda copaia*). Shrubby Melastomataceae are still present in small numbers. **E).** ten year old plot overtaken by 1–2.5 m tall *Cyathea delgadii* (labelled Cd in photo) and *Cyathea microdonta* (all other trunks). Pioneer trees (*Cecropia* sp. and *Jacaranda copaia*) have increased in height and Melastomataceae are absent. Pineapple plants, the original crop, persist in the understory, now under the shade of the tree ferns. **Figura 2.** Cinco estadios de sucesión dominada por helechos arborescentes en Pilcopata, Cusco, Perú, a lo largo de doce años. **A)** Gametofitos de helechos arborescentes (estructuras arriñonadas de color verde oscuro). Nótese la plántula de Melastomataceae en el centro superior. **B)** esporofito joven de helechos arborescente de especie no identificada. **C)** esporofito joven identificable, en este caso, *C. microdonta*. Todos los estadios jóvenes de helechos arborescentes en la sucesión estudiada crecían bajo la sombra de Melastomataceae arbustivas de 60 cm de altura y de plantas de piña. **D)** Helechos arborescentes en la sucesión de seis años entre *Brachiaria* sp., otros pastos, y angiospermas arborescentes pioneras (*Cecropia* sp., *Trema* sp., y *Jacaranda copaia*). Las melastomatáceas arbustivas aún están presentes en pequeño número. **E)** sucesión de 10 años dominada por *C. delgadii* (Cd en la foto) y *C. microdonta* (todos los demás troncos) de 1–2.5 m de altura. Árboles pioneros (*Cecropia* sp. y *Jacaranda copaia*) tienen un mayor tamaño en este estadio y las melastomatáceas han desaparecido. Plantas de piña, el cultivo original, persisten en el sotobosque, ahora bajo la sombra de los helechos arborescentes.



LOCALITY	REGION, COUNTRY	APPROXIMATE ELEVATION (m)	TAXA SAMPLED ^a	DENSITY (adults/100 m ²)	SOURCE
Villa Carmen – pineapple	CUS, Per	500	all tree ferns ^b	38.0	this study
Villa Carmen – forest	CUS, Per	500	all tree ferns	2.0	A. Min, unpublished data
Quitacalzon – stream forest	CUS, Per	1000	all tree ferns	28.3	A. Min, unpublished data
La Planada	NAR, Col	2000	all tree ferns	16.0	Arens and Baracaldo, 1998
Una	BA, Bra	30	all tree ferns	0.9	Paciencia and Prado, 2005
Sapiranga	RS, Bra	570	<i>Alsophila setosa</i>	23.5	Schmitt and Windisch, 2005
Morro Reuter	RS, Bra	700	<i>Alsophila setosa</i>	17.4	Schmitt and Windisch, 2005
Novo Hamburgo	RS, Bra	20	<i>Cyathea delgadii</i>	2.1	Schmitt and Windisch, 2007
Vale do Ribera – old growth	SP, Bra	500	all tree ferns	1.8	Castello et al., 2017
Vale do Ribera – secondary	SP, Bra	500	all tree ferns	1.3	Castello et al., 2017
Cuyabeno	NA, Ecu	250	all tree ferns ^c	3.2	Poulsen and Nielsen, 1995
San Francisco Biol. Sta.	ZC, Ecu	2000	two species ^d	7.9	Chacón-Labela et al., 2015
La Selva	LIM, CR	60	four species	2.1	Jones et al., 2007

Table 1. Average density of tree ferns found after ten years of succession in abandoned pineapple plantations in Pilcopata, Cusco, Peru, compared to tree fern densities in lowland and middle elevation forests elsewhere in the Neotropics. In the Manu region, abandoned pineapple plantations support the highest tree fern densities found thus far in the New World. ^a Not all densities correspond to the entire tree fern community or samples were only a subset of the potential local diversity. ^b *C. delgadii* and *C. microdonta*. ^c *C. lasiosora*. ^d *Alsophila engelii* and *C. squamipes/C. lindeniana* (treated as *C. caracasana*). **Tabla 1.** Densidad promedio de helechos arborescentes después de diez años de sucesión en plantaciones abandonadas de piña en Pilcopata, Cusco, Perú, comparada con densidades de helechos arborescentes de tierras bajas y elevaciones medias en otras localidades Neotropicales. Las plantaciones de piña abandonadas en la región del Manu muestran las mayores densidades de helechos arborescentes reportadas hasta la fecha en el Neotrópico. ^a No todas las densidades corresponden a la comunidad de helechos arborescentes en su totalidad o la muestra es solo una parte de la diversidad potencial local. ^b *C. delgadii* and *C. microdonta*. ^c *C. lasiosora*. ^d *Alsophila engelii* and *C. squamipes/C. lindeniana* (treated as *C. caracasana*).

adults/100 m² in at 2000 m, Arens and Baracaldo, 1998), occur in wetter microenvironments such as ravines (Quitacalzon, Peru with 28.3 adults/100 m², A. Min unpublished data), or involve species that produce multiple trunks (*Alsophila setosa* Kaulf, Schmitt and Windisch, 2005). No doubt the fact that *C. microdonta* produces multiple trunks, between the sixth and tenth years of succession, contributes to the exceptionally high densities of tree ferns dominating abandoned pineapple fields around Manu National Park.

The difference in life history traits observed for the two dominant tree ferns, wherein *C. microdonta* gets established at high densities and tends to die off after approximately 12 years of forest regrowth whereas *C. delgadii* changes little if anything in density and continues growing under forest shade confirms previous observations about the ecology of these species. *Cyathea microdonta* is commonly found in cleared areas and swampy terrain (Large and Braggins, 2007) and seems to form part of the natural beach succession along large piedmont

rivers (pers. observ.). *Cyathea delgadii*, on the other hand, even though it thrives in disturbed sites such as landslides and road cuts, tends to occur more often inside the forest (M. Lehnert, pers. comm.).

The fivefold decrease in the abundance of gametophytes in the 12 year old plots relative to the four year old plots, however, indicate that tree fern recruitment in the older plots should be lower than in younger ones. Therefore, over longer succession periods than those sampled here, even *Cyathea delgadii* might decrease in density from the average of 7.5 individuals/100 m² reported here to numbers closer to the background densities (1–2 individuals/100 m²) found in most Neotropical moist lowland forests.

The tree fern dominated succession on abandoned pineapple differs sharply in species composition from neighboring succession mosaics of the same age but on different crops such as pasture and banana. At the study site, abandoned pasture (*Brachiaria* sp.) tends to develop into a nearly monotypic secondary forest of bamboo

(*Guadua sarcocarpa* Londoño & P.M. Peterson) and abandoned banana plantations tend to develop into a mixed species secondary forest dominated by *Cecropia* spp., *Pourouma tomentosa* Mart. ex Miq., *Triplaris americana* L., *Acacia* sp., *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don), *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl., and *Guarea guidonia* (L.) Sleumer (pers. observ.). Both the bamboo stands and the mixed-species associations are more similar to the composition of older-growth forest in the area (Huamantupa-Chuquimaco, 2010). In the tree fern succession, pineapple plants persist on the forest floor for over 12 years whereas in other abandoned crops the crop species disappear within 3–4 years (pers. observ.). All this suggests that abandoned pineapple and its succeeding tree fern community is a longer than optimal pathway to the regeneration of climax forest.

A possible reason for the unusual high density of tree ferns in abandoned pineapple fields around Manu may be the soil amendment techniques used in the region. Local farmers frequently apply ammonium sulfate ((NH₄)₂SO₄) as fertilizer to pineapple fields but rarely to other crops (Y. Espinosa, pers. comm.). As shown in studies of bean (Thomson et al., 1993), corn (Blevins et al. 1977), peach (Tagliavini et al., 1995), and natural temperate ecosystems (Van Miegroet and Cole, 1984) nitrogen fertilizers decrease soil pH. Acidic substrates (pH 4–5), in turn, have been shown to favor spore germination and the development of gametophytes in several tree fern species (Marcon et al., 2017, Medeiros et al., 2017, Rechenmacher et al. 2010). It is possible then that soil acidification following the fertilization of pineapple fields in the Manu region allow tree ferns to recruit more competitively than pioneer arborescent angiosperms such as *Cecropia* and *Jacaranda*. The observation that pineapple grown without nitrogen soil amendments become invaded by grasses rather than tree ferns (Y. Espinosa, pers. comm.) and the dominance of Melastomataceae in younger plots (4 year old) both support the soil acidity hypothesis. Melastomataceae richness and abundance have been found to be strongly correlated with low cation content in the soil (Tuomisto et al. 2002) which is in turn usually correlated with lower pH (Van Miegroet and Cole, 1984).

Conclusions

This study documents an unusual ecological succession pathway in the Amazonian foothills of the Andes, through which tree ferns, instead of angiosperm trees, take over abandoned pineapple plantations for the first 10 years of secondary

succession. Tree fern communities in abandoned pineapple plantations are up to 42 times denser than those in other abandoned crops or mature forests in the Neotropical lowlands. Two species, *Cyathea microdonta* and *Cyathea delgadii* dominate these tree fern communities. Of the two, the more common *C. microdonta* behaves like a short-lived pioneer, starting out with a density ten times that of *C. delgadii* but largely disappearing from the vegetation after 12 years of succession. *Cyathea delgadii*, on the other hand, persists with almost no mortality and continues growing at a linear rate at least until 12 years of succession and probably beyond. The tree fern dominated succession appears to slow down the establishment of a rich angiosperm pioneer community and it seems to be triggered by soil acidification through nitrogen fertilization. This suggests that habitat management in buffer zones of protected areas in the Andes/Amazon region aimed to restore climax forest should avoid soil amendment with nitrogen fertilizers. Further studies involving soil pH manipulation are clearly necessary to confirm this recommendation.

Acknowledgements

We thank the Amazon Conservation Association (ACA) for hosting us and for logistical support. Kathy Ruttenberg generously funded part of the fieldwork. Villa Carmen field staff Adrian Quispe and Julio Manutupa kindly help with plot establishment. Annika Min graciously provided unpublished density estimates from Villa Carmen's older secondary forests. We are grateful to Shaughn Dugan and Andrew Wilcox for assistance in the field and especially to Yngrid Espinosa for help with data collection, for useful insights, and for safeguarding abandoned pineapple plantations at different stages of succession. The School for Field Studies (SFS) supported AT in the later stage of the study.

References

- Arens, N. C., & Baracaldo, P. S. (1998). Distribution of tree ferns (Cyatheaceae) across a successional mosaic in an Andean cloud forest, Nariño, Colombia. *American Fern Journal*, 88, 60–71.
- Bishop, J.P. (1982). *Agroforestry systems for the humid tropics east of the Andes*. In S. B. Hecht. (Ed.). Amazonia: agriculture and land use research. (pp. 428). Cali/Colombia: CIAT.
- Blevins, R. L., Tomas, G. W., & Cornelius, P. L. (1977). Influence of No-tillage and Nitrogen Fertilization on Certain Soil Properties after 5 Years of Continuous Corn. *Agronomy Journal*, 69(3), 383–386. doi:10.2134/agronj1977.00021962006900030013x
- Castello, C. D., Coelho, S., & Cardoso-Leite, E. (2016). Lianas, tree ferns and understory species: indicators of conservation status in the Brazilian Atlantic Rainforest

- remnants, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.07715>
- Chacón-Labela, J., De la Cruz, M., Vicuña, R., Tapia, K., & Escudero, A. (2014). Negative density dependence and environmental heterogeneity effects on tree ferns across succession in a tropical montane forest. Perspectives in *Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 16, 52–63.
- Chapman, C.A. & Chapman, J. L. (1999). Forest restoration in abandoned agricultural land: A case study from East Africa. *Conservation Biology*, 13,1301–1311.
- Chazdon, R. L. (2008). Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, 320,1458–1460
- Jones, M. M.1, Olivas Rojas, P., Tuomisto, H., & Clark, D. (2007). Environmental and neighbourhood effects on tree fern distributions in a neotropical lowland rain forest. *Journal of Vegetation Science*,18,13–24.
- Large, M. F. & Braggins, J. E. (2004). *Tree Ferns*. Portland, Cambridge: Timber Press.
- Marcon, C., Silveira, T., Schmitt, J. L. & Droste, A. (2017). Abiotic environmental conditions for germination and development of gametophytes of *Cyathea phalerata* Mart. (Cyatheaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 31(1), 58–67. doi: 10.1590/0102-33062016abb0288.
- Medeiros, L. G., Marcon, C., Silveira, T., Schmitt, J. L., & Droste, A. (2017). Looking for the conservation and sustainable use of *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin (Cyatheaceae): the influence of environmental factors on gametophytes. *Brazilian Journal of Botany*, 40(1),13–20.
- Paciencia, M. L. B., & Prado, J. (2005). Distribuição espacial da assembleia de pteridófitas em uma paisagem fragmentada de Mata Atlântica no sul da Bahia, Brasil. *Hoehnea* 32(1),103–117. <https://www.researchgate.net/publication/263734042>
- Poulsen, A. D., & Nielsen, I. H. (1995). How Many Ferns Are There in One Hectare of Tropical Rain Forest? *American Fern Journal*, 85(1), 29–35.
- Rechenmacher, C., Schmitt, J. L., & Droste, A. (2010). Spore germination and gametophyte development of *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) under different pH conditions, *Brazilian Journal of Biology*, 70(4), 1155–1160
- Sanchez-Azofeifa, G. A., Daily, G. C., Pfaff, A. S. P., & Busch, C. (2003). Integrity and isolation of Costa Rica's national parks and biological reserves: examining the dynamics of land-cover change. *Biological Conservation*, 109,123–35. <http://oregonstate.edu/instruct/bot440/wilsomar/Content/HTM-trees.htm>
- Schmitt, J. L., & Windisch, P. D. (2005). Aspectos ecológicos de *Alsophila setosa* Kaulf. (Cyatheaceae, Pteridophyta) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19(4), 859–865. <http://www.scielo.br/pdf/abb/v19n4/a21v19n4.pdf>
- Schmitt, J. L., & Windisch, P. D. (2007). Estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporofítica de *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae, Monilophyta) no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 21(3), 731–740. <http://www.scielo.br/pdf/abb/v21n3/a19v21n3>
- Shepard, G. H., Jr., Rummenhoeller, K., Ohl-Schacherer, J., & Yu, D. W. (2010). Trouble in Paradise: Indigenous Populations, Anthropological Policies, and Biodiversity Conservation in Manu National Park, Peru. *Journal of Sustainable Forestry*, 29(2), 252–301, DOI: 10.1080/10549810903548153
- Suding, K. N. (2011). Toward an Era of Restoration in Ecology: Successes, Failures, and Opportunities Ahead. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42, 465–87
- Tagliavini M., Masia, A., & Quartieri, M. (1995). Bulk soil pH and rhizosphere pH of peach trees in calcareous and alkaline soils as affected by the form of nitrogen fertilizers. *Plant and Soil*,176(2), 263–271.
- Thomson, C. J., Marschner, H., & Römheld, V. (1993). Effect of nitrogen fertilizer form on pH of the bulk soil and rhizosphere, and on the growth, phosphorus, and micronutrient uptake of bean. *Journal of Plant Nutrition*. 16(3), 493–506.
- Tuomisto, H., Ruokolainen, K., Poulsen, A. D., Moran, R. C., Quintana, C., Canas, G. & Celi, J. (2002). Distribution and diversity of pteridophytes and Melastomataceae along edaphic gradients in Yasuni National Park, Ecuadorian Amazonia. *Biotropica* 34, 516–533.
- Van Miegroet, H. & Cole, D. W. (1984). The impact of nitrification on soil acidification and cation leaching in a red alder ecosystem. *Journal of Environmental Quality* 13, 586–590.
- Young, T.P., Chase, J.M. & Huddleston, R.T. (2001). Community succession and assembly – comparing, contrasting and combining paradigms in the context of ecological restoration. *Ecological Restoration*, 19, 5–18.
- Yallico, L., & Suarez de Freitas, G. (1995). The Manu Biosphere Reserve, Peru. UNESCO, South-South Cooperation Programme on Environmentally Sound Socio-Economic Development in the Humid Tropics, Working Papers. 8, 1–47. <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001139/113933eo.pdf>

Novedades en *Moranopteris* R.Y. Hirai & J. Prado (Polypodiaceae) para el Neotrópico

Alexander Francisco Rojas-Alvarado

Universidad Nacional de Costa Rica Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica, C.A.

Correspondencia

A.F. Rojas-Alvarado

e-mail: alfrojasa@yahoo.com

Recibido : 11 julio 2017

Aceptado: 21 julio 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

Estudios en la familia Polypodiaceae para la flora Pteridophyta de Costa Rica ha permitido encontrar una especie nueva de *Moranopteris* R.Y. Hirai & J. Prado de los Tepúes y Mesetas en Colombia y Venezuela: *Moranopteris steyermarkii* A. Rojas. Se ha encontrado también que *Moranopteris truncicola* (Klotzsch) R.Y. Hirai & J. Prado está conformado por dos especies, por lo que se combina a *Moranopteris andina* (Hook.) A. Rojas como especie válida. Finalmente, *Micropolypodium setulosum* (Rosenst.) A.R. Sm., no fue combinado a *Moranopteris*, probablemente debido a los comentarios realizados por Moran en Flora Mesoamericana, sobre su posible relación con *M. nanum* (Fée) A.R. Sm.; sin embargo, debido a la observación de un isotipo en el herbario US, se pudo determinar que la especie es válida y está más relacionada a *Moranopteris truncicola*. Lo anterior definió como objetivo de esta investigación la resolución taxonómica del grupo.

Palabras clave: Complejo *Moranopteris truncicola*, especies nueva, helechos, *Micropolypodium*, nuevas combinaciones, Pteridophyta.

Abstract

Novelties in Moranopteris R.Y. Hirai & J. Prado (Polypodiaceae) from the Neotropics

Studies in the Polypodiaceae family for the flora Pteridophyta of Costa Rica has allowed to find a new species of Tepúes and Mesetas in Colombia and Venezuela: *Moranopteris steyermarkii* A. Rojas. It has also been found that *Moranopteris truncicola* (Klotzsch) R.Y. Hirai & J. Prado is conformed by two species, so it combines with *Moranopteris andina* (Hook.) A. Rojas as a valid species. Finally, *Micropolypodium setulosum* (Rosenst.) A.R. Sm., was not combined with *Moranopteris*, probably due to the comments made by Moran in Flora Mesoamericana, about its possible relation with *M. nanum* (Fée) A.R. Sm.; however, due to the observation of an isotype in the US herbarium, it was possible to determine that the species is valid and more related to *Moranopteris truncicola*. The above defined the objective of this research the taxonomic resolution of the group.

key words: Ferns, new species, *Micropolypodium*, *Moranopteris truncicola* complex, new combinations, Pteridophyta.

Introducción

El grupo que hoy se conoce como el género

Moranopteris R.Y. Hirai & J. Prado ha sufrido varios cambios a través de la historia. El primer trabajo de este grupo fue realizado por Maxon (1916) dentro

del género *Polypodium* L. y refiriéndolo como el grupo *P. trichomanoides*, junto con lo que hoy se llama *Leucotrichium* Labiak y *Stenogrammitis* Labiak. Posteriormente, fueron ubicados bajo *Xiphopteris* Kaulf. incluyendo igualmente ambos grupos. Después de esto, fueron transferidas a *Grammitis* Sw. sección *Xiphopteris* (Kaulf.) Presl.

Smith (1992) transfiere las especies de este grupo a *Micropolypodium* Hayata, un género que se describió en 1928, con base en la especie *Polypodium pseudotrichomanoides* Hayata, una especie de Asia, pero en este caso excluyendo a *Leucotrichium* Labiak y *Stenogrammitis* Labiak que aún permanecían agrupados en el género *Lellingeria* A.R. Smith & R.C. Moran, según Smith, Moran & Bishop (1991).

Smith (1992) separa al género *Micropolypodium* de otros géneros de Grammitidaceae por tener segmentos o pinnas con una vena simple o 1-furcada, rizoma erecto, frondas lineares generalmente menos de 1 cm de ancho, segmentos unisoriados e hidátodos prominentes.

El trabajo realizado por Ranker et al. (2004) fue el primer estudio filogenético enfocado a los grammitoides de todo el mundo, incluyendo 73 especies y representando a 16 géneros, en este se usaron elementos moleculares y caracteres morfológicos, resultando en el descubrimiento de que varios géneros tradicionalmente reconocidos no eran monofiléticos, entre ellos *Micropolypodium* donde algunas especies de este clado aún permanecían dentro del género *Terpsichore* A.R. Sm. Sin embargo, dentro del clado de *Micropolypodium* no se incluyeron especies asiáticas.

Hiray et al. (2011) descubren que las especies del Neotrópico representan un clado diferente y lo describen como *Moranopteris*, caracterizado por la presencia de diminutos tricomas ramificados y ligeramente catenados (con o sin una rama setiforme) y algunas veces con tricomas no ramificados presentes en los estípites, costas y tejido laminar abaxialmente; en tanto que *Micropolypodium* s.str. sólo tiene diminutos tricomas no ramificados y catenados, y que este está confinado al este de Asia.

Materiales y métodos

La especie nueva y las combinaciones en el género *Moranopteris* son el resultado de estudios en la flora pteridofita de Costa Rica, con la comparación de especímenes con las especies registradas de Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador, y después de la revisión de especies relacionadas y claves de los Neotrópicos como:

Gómez & Arbeláez (2009), Moran & Riba (1995), Murillo et al. (2008), Mickel & Smith (2004), Smith (1995) y Tryon & Stolze (1989). Los especímenes citados están depositados en los herbarios: herbario Nacional de Costa Rica (CR), Missouri Botanical Garden (MO), herbario de la Universidad de California (UC), United States National Herbarium (US) y herbario de la Universidad de Costa Rica (USJ). Las nuevas especies y estatus se determinaron con base en el análisis de los especímenes tipo depositados en los siguientes herbarios: B, BM, GH, K, L, MO, MICH, NY, P, UC and US (acrónimos siguiendo Thiers 2016), vistos a través de la página JSTOR (<http://plants.jstor.org/>).

Resultados

Especie base

Moranopteris truncicola (Klotzsch) R.Y. Hirai & J. Prado, *Taxon* 60(4): 1132. 2011.

Basionimo. *Polypodium truncicola* Klotzsch, *Linnaea* 20: 374. 1847. Tipo: Venezuela, Aragua, Colonia Tovar, *J. Moritz* 252 (B!; isolectotipos: BM!, K!, L!, MICH!, P!, US!). Lectotipo designado por Morton, *Amer. Fern J.* 42: 102. 1952.

Descripción. Rizoma ca. 1 mm de diámetro, compacto; escamas del rizoma 1,0–1,5 × 0,3–0,7 mm, lanceoladas, pardo-dorado a pardas, el margen entero o con unas pocas sétulas 0,1–0,2 mm de largo cerca del ápice, estas pardo oscuro; frondas 3–7 × 0,4–1,0 cm, erectas a ligeramente curvadas; estípite ausente o menos de 3 mm de largo, debido a un tejido laminar decurrente; lámina pinnatífida 1/3–3/5 de la distancia al raquis, ápice agudo a obtuso y gradualmente reducido a un segmento pinnatífido, setosa sobre ambas superficies y los márgenes, las setas 1,0–2,5 mm de largo, pardo oscuro a pardo-rojizas, rígidas, con unos pocos tricomas 0,05–0,2 mm de largo, hialinos a pardo claro, glanduliformes, sobre venas y tejido laminar; raquis atropurpúreo, adaxialmente escasamente resaltado, peloso, con setas 2–3 mm de largo, medianamente densas, pardas a pardo oscuro; lóbulos más grandes 1,5–2,5 mm de ancho, ovados, ascendentes ca. 60–75° del raquis, sin una joroba acroscópica, obtusos en el ápice; costas con un único nervulo acroscópico sobre las pinnas fértiles; soros redondos, no traslapándose al raquis en la madurez; hidátodos presentes, dorados a pardo claro.

Distribución. Costa Rica, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú a 2000–2800 m.

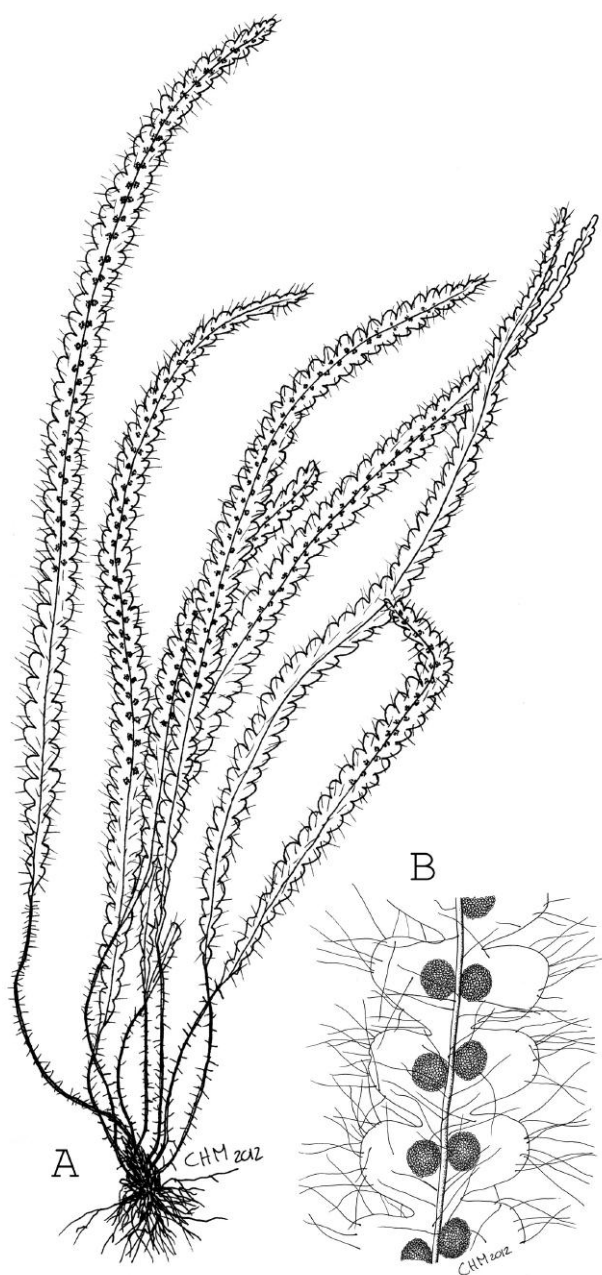


Figura 1. A–B. *Moranopteris steyermarkii* (J. Steyermark & J. Wurdack 1148, US). **A.** Aspecto general del espécimen tipo. **B.** Detalle de la lámina. **Figure 1. A–B.** *Moranopteris steyermarkii* (J. Steyermark & J. Wurdack 1148, US). **A.** General aspect of type specimen. **B.** Blade detail.

Especie nueva

Moranopteris steyermarkii A. Rojas, *sp. nov.*
(fig. 1)

TIPO: VENEZUELA. Bolívar: Chimantá Massif, Agparaman Tepuí, SE facing, below escarpment, 1880–1955 m, 26 Feb 1955, J. Steyermark & J. Wurdack 1148 (Holotipo: US).

Diagnosis. The new species differs from *Moranopteris truncicola* because has longer fronds (10–22 cm long vs. 3,0–7,5 cm); stipe 5–40 mm long (vs. absent or less than 3 mm long, due to decurrent laminar tissue); more dissected blade (1/2–3/4 the distance between costa and margin vs. 1/3–3/5) and with acuminate to attenuate apex (vs. obtuse to acute).

Descripción. Rizoma ca. 1 mm diámetro, corto ascendente; escamas del rizoma 1,5–2,0 × 0,3–0,5 mm, angostamente lanceoladas, pardas, cortamente setulosas; frondas adultas 10–22 cm de largo; estípote 5–40 mm de largo, peloso, los tricomas 1–2 mm de largo, pardos; lámina 0,6–0,9 cm de ancho, incisa 1/3–1/4 entre el margen y la costa, linear elíptica, atenuada en la base, el ápice acuminado a atenuado, pelosa en ambas superficies, los tricomas 2–4 mm de largo, pardo-amarillentos a pardos; segmentos anchamente ovados con el ápice redondo, levemente ascendentes, tricomas del ápice de los segmentos a menudo en incisiones; costas con un único nérvulo acroscópico sobre las pinnas fértiles; soros redondos, comúnmente cercanos a la costa.

Distribución. Conocida de Colombia y Venezuela a 1880–2100 (–2775) m.

Material adicional revisado. COLOMBIA. Cundinamarca: ridge above upper San Antonio (Río San Martín Valley), 15 km SE of Gutiérrez, 60 km S of Bogotá, 2775 m, 3 Aug 1944, M. Grant 9821 (US). VENEZUELA. Amazonas: Dpto. Río Negro, Neblina Massif, Camp 12, 1950 m, Venezuelan-Brazilian frontier, 1950 m, 26–27 Feb 1985, B. Boom et al. 6008 (US). Bolívar: Meseta de JAUÁ, Cerro Jáua, cumbre de la porción Central-Occidental de la Meseta, 4°45'N, 64°26'W, 36 mi náuticas o 60 km NW de la misión de Campamento Sanidad del Río Kanarakuni, 1922–2100 m, 22–27 Mar 1967, J. Steyermark 98095 (US).

Etimología. Esta especie es dedicada a Julian Steyermark, colector del material tipo, quien ha hecho innumerables colectas de helechos en Suramérica.

Comentarios. Difiere de *Moranopteris truncicola* (Klotzsch) R.Y. Hirai & J. Prado, por presentar frondas más largas (10–22 cm de largo vs. 3,0–7,5 cm); estípote 5–40 mm de largo (vs. ausente o menos de 3 mm de largo, debido a un tejido laminar decurrente); lámina más incisa (1/2–3/4 de la distancia entre el margen y la costa vs. 1/3–3/5) y con ápice acuminado a atenuado (vs. obtuso a agudo).

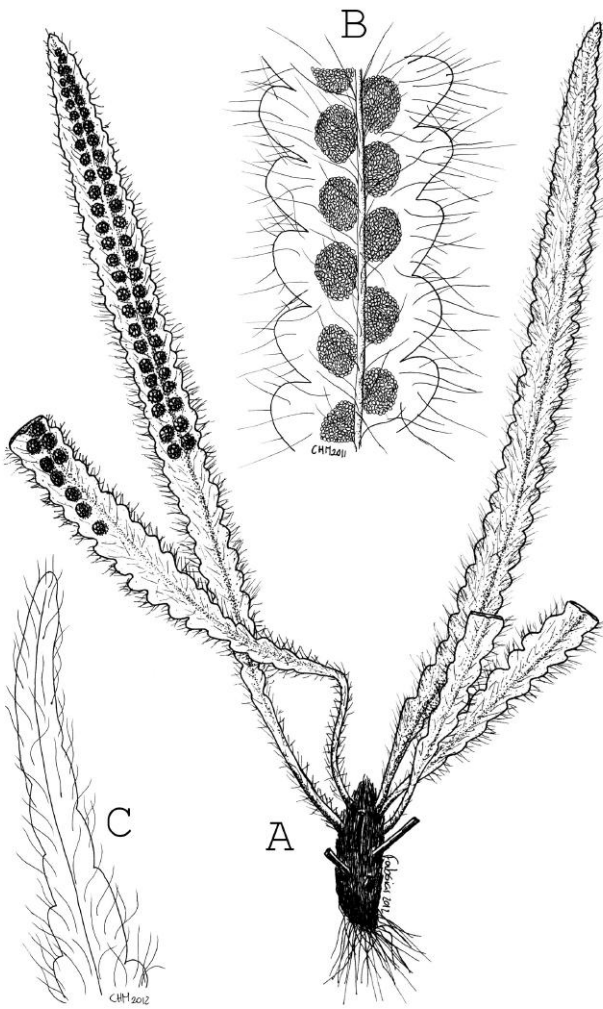


Figura 2. A–B. *Moranopteris andina* (A. Rojas 2484, CR). **A.** Especimen de herbario. **B.** Detalle de la lámina. **C.** Detalle del ápice de la lámina. **Figure 2. A–B.** *Moranopteris andina* (A. Rojas 2484, CR). **A.** Herbarium specimen. **B.** Blade detail. **C.** Blade apex detail.

Nuevas combinaciones

Moranopteris andina (Hook.) A. Rojas, comb. nov. (fig. 2)

Basiónimo. *Polypodium andinum* Hook., Sec. Cent. Ferns, pl. 6. 1860. TIPO: Ecuador, Pichincha, río Hondacha, Andes of Quito, *W. Jameson 780* (Holotipo: K, no visto; Isotipo: BM!, <http://plants.jstor.org/stable/10.5555/al.ap.specimen.bm000937559>). Lectotipo designado por Morton, Contr. U.S. Natl. Herb. 38: 98. 1967.

Descripción. Rizoma 0.5–1 mm de diámetro, compacto; escamas del rizoma 0,8–1,2 × 0,2–0,4 mm, parda, los márgenes con unas pocas sétulas 0,1–0,2 mm cerca del ápice, pardo oscuro; frondas

(7,5–) 8,5–12,0 × 0,7–0,9 cm, erectas a ligeramente curvadas; estípites ausentes; lámina pinnatifida 1/3–1/2 de la distancia al raquis, setosa sobre ambas superficies y los márgenes, las setas (1–) 1,5–2,5 mm de largo, pardo oscuro a pardo-rojizas, rígidas, con unos pocos tricomas 0,05–0,2 mm, hialinos a pardo claro, glanduliformes; raquis pajizo a pardo claro, a menudo negruzco en 1/5–1/2 basal, peloso, con setas 2–3 mm de largo, medianamente densas, pardas a pardo oscuro; lóbulos más grandes 2,5–3,0 mm de ancho, ovados a deltados, ascendentes ca. 60–70° del raquis, sin una joroba acroscópica, obtusas en el ápice; costas con un único nérvulo acroscópico sobre las pinnas fértiles; soros redondos, no traslapándose al raquis en la madurez; hidátodos presentes, dorados a pardo claro.

Distribución. Conocida de Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador a 1000–1800 (–2000) m.

Material adicional revisado. COSTA RICA.

Alajuela: San Ramón, Los Ángeles, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, Sendero entre La Estación y Volcán Muerto, 10°11'50"N, 84°37'00"W, 1470 m, 15 sep 1994, *G. Herrera et al. 7311* (CR); San Ramón, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, Sendero a Volcán Muerto, entre la base del cerro y la cuspide, 10°11'55"N, 84°37'05"W, 1350–1500 m, 8 feb 2007, *A. Rojas & J. Cervantes 7515* (CR, MO, USJ). **Cartago:** Paraíso, Mirador Ecológico Monte Sky, 9°44'40"N, 83°50'00"W, 1700–2000 m, 23 sep 1995, *A. Rojas et al. 2484* (CR); along trail leading eastward into mountains from road into Tapantí Reserve ca 1 km S of jct. of Quebrada Salto and Río Grande de Orosi, also known as "Quebrada Valverde", 9°43'N, 83°47'W, 1500–1800 m, 1 Feb 1986, *A. Smith et al. 2157* (CR, UC?). **Heredia:** between easternmost fork of Río Volcán and westernmost fork of Río San Rafael, Atlantic slope of Volcán Barva, 10°12'–13'N, 84°06'W, 1600–1800 m, 12 Apr 1986, *M. Grayum et al. 7075* (CR, MO?); Barva, Barva, transect trail between Volcán Barva y Finca La Selva, 10° 14'09"N, 84°5'05"W, 1400 m, *J. Kluge 4248* (CR). **Puntarenas:** Reserva Biológica Monteverde, Chomogo trail, 21 Apr 1988, *S. Bigelow & P. Kukle 109* (CR, MO); Atlantic facing ridge beyond the Monteverde Forest Reserve, near road across the ridge, ca. 1600 m, 12 June 1975, *D. Lellinger et al. 1752* (US). **San José:** vicinity of La Palma, 1450–1550 m, 6–8 May 1906, *W. Maxon 392* (US); Forêts de La Palma, 1500 m, 27 Sep 1898, *A. Tonduz 12648* (US); La Honduras, 15 ago 1933, *M. Valerio 1808* (CR, US).

COLOMBIA. Cali: W of Cordillera de Cali, 1500–2000 m, Sep 1877, *F. Lehmann 7653* (US). **Cauca:** La Depresión, 2000 m, 25 Sep 1944, *E. Core 1345* (US); W flank of Cordillera Occidental, W of tambo, 1500 m, 12 Nov 1946, *O. Haught 5233* (US). **Huila:** 15 km SE of Garzón, Cordillera Oriental, 7700 ft [2350 m], 1 Feb 1945, *E. Little 9354* (US).

ECUADOR. Imbabura: San Pablo in the Río

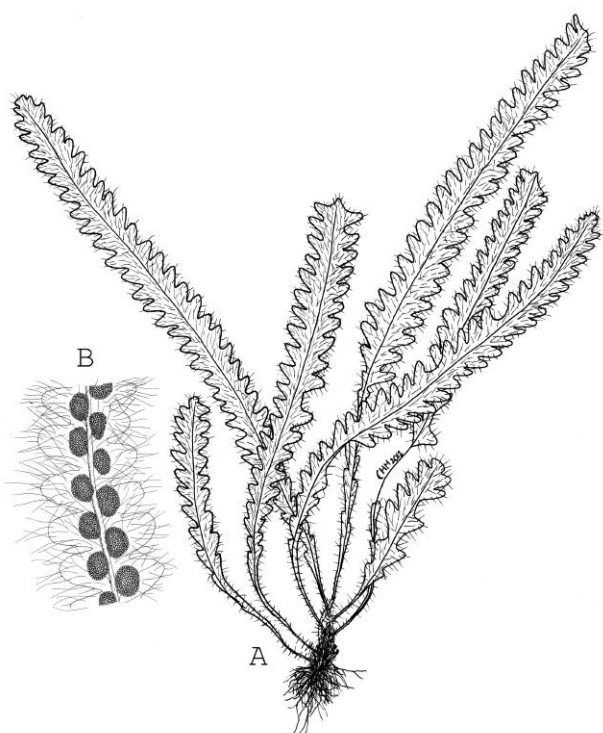


Figura 3. A–B. *Moranopteris truncicola* (O Rangel 2397, COL). **A.** Espécimen de herbario. **B.** Detalle de la lámina.
Figure 3. A–B. *Moranopteris truncicola* (O Rangel 2397, COL). **A.** Herbarium specimen. **B.** Blade detail.

Pamplona, Selva Alegre, SW of Volcán Cotocachi, 6000 ft [1830 m], 30 Nov 1943, *M. Ownbey* 2616b (US).

Comentarios. Difiere de *Moranopteris truncicola* (Klotzsch) Hirai, por presentar frondas más largas ((7,5–) 8,5–12,0 cm de largo vs. 3,0–7,5 cm, excepto en Suramérica hasta 14 cm), lámina menos incisa (1/3–1/2 de la distancia entre el margen y la costa vs. 1/2–3/4) con la base antes del primer par de segmentos más ancha (> 1 mm vs. ≤ 1 mm), lóbulos perpendiculares (vs. ascendentes), ápice acuminado a atenuado (vs. obtuso a agudo) y distribuidas a menor elevación (1000–1800 (–2000) m vs. 2000–2800 m).

Moranopteris setulosa (Rosenst.) A. Rojas, **comb. nov.**

Basionimo. *Polypodium setulosum* Rosenst., Repert. Spec. Nov. Regni Veg. 10(251–253): 277. 1912. TIPO: Costa Rica, San José, San Isidro del General, 656 m, *A. Tonduz* [*Herb. Jiménez* 214] (Holotipo: S, no visto; Isotipo: US! (fragm.))

Descripción. Rizoma 0,5–1,0 mm de diámetro, compacto; escamas del rizoma 1,0–1,5 × 0,2–0,4 mm, pardo-anaranjadas, los márgenes

con unas pocas sétulas 0,1–0,2 mm cerca del ápice, estas pardas; frondas 1,5–5,5 × 0,2–0,4 cm, ligeramente curvadas; estípite 0,3–10 (–20) mm de largo, pajizo a pardo, setoso, las setas 2–3 mm de largo, atropurpúreas, a veces terminadas en una punta aplanada y/o retorcida de color pardo claro; lámina profundamente pinnatífida, agudo en ambos extremos, setosa sobre ambas superficies y los márgenes, dispersamente pelosos en el haz, densamente peloso en el envés, las setas 2–3 mm de largo, atropurpúreas, rígidas; raquis pajizo a pardo claro, peloso, con setas largas como las del estípite y con unos pocos tricomas 0,1–0,3 mm, hialinos, ramificados; pinnas más grandes 1,0–1,5 mm de ancho, ovadas a deltadas, contiguas y unidas en la base, ascendentes c. 45–60° del raquis, sin una joroba acroscópica, obtusas en el ápice; costas con un único nervulo anterior sobre las pinnas fértiles; soros redondos, ligera a ampliamente traslapándose el raquis en la madurez; hidátodos ausentes.

Distribución. Conocida para Costa Rica, Panamá y Colombia en las cordilleras a 850–1800 m.

Material adicional revisado. COSTA RICA. **Alajuela:** San Carlos, Buena Vista, Finca La Constancia, 850 m, 3 mar 1963, *A. Jiménez* 436 (CR). **Cartago:** Paraíso, Orosi, camino al Parque Nacional Tapantí, ca. 1 km antes de la entrada al parque, ca. 100 m después del cruce al Restaurant Kiri, 9°46'15"N, 83°47'50"W, 1240 m, 21 nov 2004, *A. Rojas* 6277 (CR, MO, USJ); W of Quebrada Casa Blanca, Tapantí, 9°47'N, 83°48'W, ca. 1350 m, 1 feb 1986, *A. Smith et al.* 2200 (CR, UC). **San José:** Desamparados, San Cristóbal, sin fecha, *O. Jiménez* 270 (CR).

Comentarios. Moran (1995), p. 383–385, menciona que el tipo de *Micropolypodium setulosum* (Rosenst.) A.R. Sm. (= *Moranopteris setulosa*) es de una elevación baja, donde también se encuentra *M. nanum* (Fée) A.R. Sm., y asume que pudiera tratarse de la misma especie, donde *M. nanum* tiene prioridad. Sin embargo, el autor de este trabajo ha observado el isotipo *Tonduz s.n.* en US! (una fronda), concluyendo que son especies diferentes.

Difiere de *Micropolypodium nanum* (Fée) A. R. Sm., por presentar lámina menos incisa (profundamente pinnatífida vs. pinnatisecta a pinnada), con tejido laminar medianamente pelosa en el haz y densamente pelosa en el envés (vs. dispersamente pelosa en ambas superficies) y segmentos ovados a deltados (vs. lanceolados a oblongos). Difiere de *Moranopteris truncicola* (A.R. Sm.) A.R. Sm. por lámina más angosta (0,2–0,4 cm

de ancho vs. 0,4-1,0 cm) y más incisa (ca. 1 mm de la costa vs. más de 2 mm de la costa), tejido laminar más densamente peloso en el envés (vs. medianamente pelosa en ambas superficies) y distribuidas a menor elevación (850-1800 m vs. 2000–2800 m).

Agradecimientos

Agradezco al Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICIT) por financiarme el viaje a Estados Unidos para revisar los especímenes, a la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) por el apoyo de mi tiempo laboral. Se agradece a los herbarios: Herbario Nacional de Costa Rica (CR), Missouri Botanical Garden (MO), herbario Universidad de California (UC), United States National Herbarium (US) y herbario de Biología de la Universidad de Costa Rica (USJ), por permitirme consultar sus colecciones. A Christian Herrera Martínez y Fabián Sibaja Cerdas, por sus excelentes ilustraciones. A los revisores anónimos que ayudaron a mejorar este trabajo.

Referencias

- Gómez, L.D. & Arbeláez, A.L. (2009) *Flora de Nicaragua. Tomo IV: helechos*. St. Louis, Missouri, USA: *Missouri Botanical Garden*.
- Hirai, R.Y., Rouhan, G., Labiak, P.H., Ranker, T.A. & Prado, J. (2011). *Moranopteris*: A new Neotropical genus of grammitid ferns (Polypodiaceae) segregated from Asian *Micropolypodium*. *Taxon*, 60(4): 1123–1137.
- Mickel, J.T. & Smith, A.R. (2004) The Pteridophytes of Mexico. *Mem. New York Bot. Gard.* 88: 1–1029.
- Maxon, W.R. (1916) Studies of tropical American ferns—No. 6. *Contr. U.S. Natl. Herb.* 17: 541–608.
- Moran, R.C. (1995) *Micropolypodium*. Pp. 383–385. In: R. C. Moran & R. Riba (eds.), *Flora Mesoamericana*. Volumen 1. Psilotaceae a Salviniaceae. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, D. F., México.
- Murillo, M.T., Murillo, J., León, A. & Triana, L.A. (2008) *Los Pteridófitos de Colombia*. Bogotá, DC: Arfo. 533 p.
- Ranker, T.A., Smith, A.R., Parris, B.S., Geiger, J.M.O., Hauffler, C.H., Straub, S.C.K. & Schneider, H. (2004) Phylogeny and evolution of grammitid ferns (Grammitidaceae): A case of rampant morphological homoplasy. *Taxon*, 53: 415–428.
- Smith, A.R., Moran, V. & Bishop, V. (1991) *Lellingeria*, a new genus of Grammitidaceae. *Amer. Fern J.*, 81(3): 76–88.
- Smith, A.R. (1995) A review of the fern genus *Micropolypodium* (Grammitidaceae). *Novon* 2: 419–425.
- Smith, A.R. (1992) Pteridophytes. In: P. E. Berry, B. K. Holst, and K. Yatskievych (eds.). *Flora of the Venezuelan Guayana*. Volume 2. Pteridophytes, Spermatophytes: Acanthaceae-Araceae (pp. 1–327). Portland, Oregon, U.S.A: Timber Press.
- Tryon, R.M. & Stolze, R. (1989) Pteridophyta of Peru. Part V. 18. Aspleniaceae-21. Polypodiaceae. *Fieldiana Bot. n.s.*, 32: 72–115.

Valoración Económica de los Helechos Silvestres del Parque Nacional La Tigra, Honduras, C.A.

Ruth Karina Hernández-Cibrián¹ y Beatriz Urbano López De Meneses²

¹Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH).

²Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal. Universidad de Valladolid (UVA).

Correspondencia

R.K. Hernández-Cibrián

e-mail: rkhcibrian@gmail.com

Recibido: 26 julio 2017

Aceptado: 5 septiembre 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

El parque nacional La Tigra (PNLT), se encuentra ubicado a 12 km al NE de Tegucigalpa, posee una extensión de 240,4 km² de los cuales 164,5 km² corresponden a la zona de amortiguamiento y 75,9 km² corresponden a la zona núcleo, es un bosque nublado que se caracteriza por tener una gran diversidad de especies, muchas de las cuales se encuentran en peligro de extinción ya sea por el avance de la agricultura migratoria, incendios forestales, extracción ilícita entre otros. Considerando que el PNLT dispone de dos investigaciones sobre la diversidad de helechos existente en el sendero La Esperanza y La Cascada (los más visitados por los turistas) y que algunas de estas especies se encuentran en el apéndice II de CITES y que son extraídas ilegalmente para ser comercializadas en algunos viveros y mercados de la ciudad, se decidió realizar una investigación utilizando el Método de Valoración contingente (MVC), mediante el cual se realizó un cuestionario de 12 preguntas orientadas a conocer la Disposición a Pagar (DAP), por un helecho del medio silvestre. Se entrevistó un total de 68 individuos, el 91,5% vivían en la ciudad de Tegucigalpa, el 91% conocía los helechos y el 71,6% compraría un helecho del medio silvestre.

El precio promedio que estarían DAP estuvo entre L. 200,00 (8,08 €) a L. 350,00 (14,16 €) y el máximo precio que estarían DAP es de L.479,24 (19,38 €). Con este precio de referencia se recomienda a la organización comanejadora del PNLT o a la institución administradora de los recursos naturales, el Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), para que utilice esta información, ya sea para hacer una mejor gestión de los helechos y/o realizar investigaciones orientadas a conocer el potencial económico de estos y así desarrollar un proyecto de aprovechamiento sostenible.

Palabras clave: Helechos, silvestre, valoración contingente, disponibilidad a pagar.

Abstract

Economic Assessment of the Wild Ferns of La Tigra National Park, Honduras, C.A.

La Tigra National Park, is located at 12 kilometers northeast Tegucigalpa, it has an extension of 240.4 km² from those 164,5 km² corresponds to the buffer zone and 75,9 km² corresponds to the nucleus zone, it is a cloud forest that is characterized for have a big diversity of species, most of them are in endangered due to the advance or the migratory agriculture, forest fires illegal extraction among other. Considering that La Tigra National Park disposes of two investigations about the ferns diversity that exist in La Esperanza and La Cascada path (the most visited for the tourists) and that some of the species can be found in the CITES appendix II and they are illegal extracted to be commercialized in some vivariums and markets in the city it was decided to make this investigation, using the contingent valuation method by which it

was made a twelve question questionnaire oriented to know the disposition payment, for a wild fern. There were 68 interviewed persons, 91, 5% lived in the city of Tegucigalpa, 91% knew the ferns, and 71,6% would buy a wild ferns. The average price they would be able to pay its 200L (8€), to 350 L (14,16 €) and the maximum price they would pay its 479L (19,38 €). With this price reference it is recommended to the organization that co-handler, or the institution that controls the natural resources (ICF) in Honduras to let them use this information, either to make a better ferns management, or to investigations oriented to know the economic potential of this, and in this way develop a sustainable project.

Key words: Ferns, wild, contingent valuation, willingness to pay.

Introducción

Los helechos forman parte de un grupo de plantas vasculares que reciben el nombre de pteridofitas y que se caracterizan porque en su ciclo de vida presentan alternancia de generaciones independientes y de vida libre, una sexual o esporofítica (que produce esporas) y otra sexual o gametofítica (forma gametos) (Perez & Reyes, 1993). Además, se definen porque no dependen de otros organismos para su fecundación o dispersión, pues la primera depende del agua y la segunda del viento (Rojas, 2017).

Tal y como lo menciona Muñiz, Mendoza & Pérez-García (2007), desde tiempos medievales cuando prosperó la brujería, se creía que las esporas de los helechos tenían el poder de proteger de los hechizos y encantamientos mágicos, como la leyenda de San Juan Bautista, consistía en quemar "polvo" de los helechos a media noche en la víspera del nacimiento de un niño con el fin de salvaguardarlo.

Son diversos los servicios ambientales que los helechos representan en el ecosistema y a la vez, esto ha permitido al ser humano utilizarlos de formas muy variadas, desde la utilización del carbón mineral (periodo carbonífero), alimento, medicina, tinte, esencia para perfumes, grasa, fibra, condimento, sustrato o medio de cultivo, planta ornamental y sobre todo como indicador biológico (Hernández & Nelson, 2007).

Los helechos son parte importante del dosel arbóreo y del sotobosque, de vital importancia en aquellos ecosistemas que juegan un papel sobresaliente en el balance hídrico, en las comunidades vegetales son un componente de la estructura, por lo que conocer su diversidad, distribución y dinámica de sus poblaciones es fundamental para entender los procesos de sucesión y restauración (Tejero, Torres, Mickel, Mehlreter & Krömer, 2017).

Centroamérica junto con México, constituyen

una de las regiones en donde más se concentra la diversidad de los organismos vegetales (Rzedowski, 1991). Y aunque en Honduras aún no se ha inventariado de forma total la diversidad, se tiene un aproximado de 651 especies helechos y licófitos según Nelson et al. (1996). A la vez es importante dar a conocer que se han realizado investigaciones recientes en diferentes áreas protegidas en los cuales se han descubierto nuevas especies y nuevos registros para la flora de Honduras.

Honduras cuenta con un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAPH), que tiene 91 áreas, con diferentes categorías de manejo, dentro de las cuales se encuentra el Parque Nacional La Tigra (PNLT), Murillo & Erazo (2013).

La Tigra es el primer parque nacional de Honduras, declarado mediante Decreto Ley número 976 del 14 de Julio de 1980, con los objetivos de conservar el caudal y la calidad del agua, proteger la biodiversidad y brindar oportunidades de educación ambiental (TSC, 2012). Tiene un área total de 240,4 km² de los cuales 164,5 km² corresponden a la zona de amortiguamiento y 75,9 km² corresponden a la zona núcleo. El PNLT se encuentra ubicado entre los municipios de Valle de Ángeles, Santa Lucía, Cantarranas y el Distrito Central (Villeda, 2013) y fue utilizado como referencia para realizar esta investigación, debido a que cuenta con dos estudios sobre helechos realizados por Hernández 2004 y 2006, en donde se ha analizado la parte taxonómica, etnobotánica y ecológica.

Considerando los diferentes usos que se le dan a los helechos (alimento, medicina, plantas ornamentales, entre otros), se decidió realizar esta investigación con el objetivo de Valorar Económicamente los helechos del PNLT, mediante el uso del Método de Valoración Contingente (MVC); conocer la disponibilidad a pagar que tiene la población hondureña por un helecho silvestre y a la vez establecer esta investigación como un dato

de referencia, para aquellas especies de helechos silvestres para los cuales no existe un mercado definido.

Metodología

El método VC, consiste en simular un mercado mediante una encuesta a los consumidores potenciales; donde se les pregunta por la máxima cantidad de dinero que pagarían por el bien si tuvieran que comprarlo, como hacen con los demás bienes, de esta forma se deduce el valor que para el consumidor medio tiene el bien en cuestión (Riera, 1994).

Se elaboró un cuestionario (de doce preguntas), estructurado en tres partes 1) Descripción del bien que se pretende valorar, 2) Valoración del bien, 3) Información sobre la persona entrevistada. Para la elaboración del cuestionario se utilizó el programa JotForm, que posteriormente fue enviado vía correo electrónico mediante el enlace proporcionado por el programa, lo cual permitió no incurrir en gastos económicos y tiempo en comparación a realizar las entrevistas personalmente, por teléfono o vía correspondencia impresa.

Los cuestionarios fueron enviados a partir del 16 de febrero al 23 de abril de 2015. La información obtenida se analizó utilizando el programa estadístico SPSS Statistics 20.0, para hacer los análisis de variables cuantitativas (como la media, mediana, la moda, frecuencia, análisis de contingencia y significación) y cualitativas (género, ciudad donde vive, motivos de compra, ocupación entre otros).

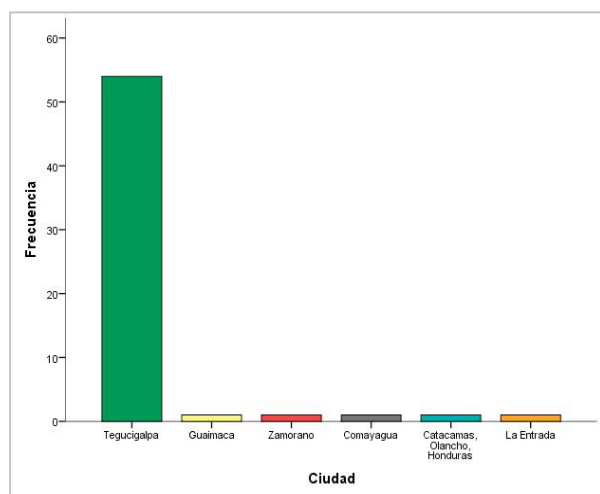


Figura 1. Procedencia de los entrevistados

Resultados

Se obtuvo un total de 68 entrevistas, que fueron llenadas entre el 04 de febrero y el 21 de abril de 2015, por profesionales universitarios que laboran en diferentes instituciones y/o empresas y estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH). El 53% de los entrevistados son mujeres y el 47% son hombres; el 91.5% vive en la ciudad de Tegucigalpa y el 1.7% se distribuye en las ciudades de Guaimaca, Zamorano, Comayagua, Catacamas y La Entrada, respectivamente (fig.1), esta característica es importante debido a que el PNLT está ubicado aproximadamente a 12Km al noreste de la ciudad de Tegucigalpa y cercano a las ciudades de Guaimaca y Zamorano.

La edad promedio de los entrevistados es 28,79 años, la edad media es 24 años y la edad más común es 23 años; la edad mínima es 20 años y la máxima es 76 años (fig. 2).

En respuesta a la pregunta ¿Ha visitado usted el PNLT? El 72,1% (49) respondió que "Si" y el 27,9% (19) respondió que "No". Los motivos por los cuales han visitado el PNLT son 51% recreativo (caminar, disfrutar el paisaje, observar aves y plantas, tomar fotografías, hacer ejercicio), 26,5% educación y 6,1% recreación, investigación y buscar productos del bosque y el 4,1% trabajo y visita familiar (tab. 1), por lo que puede decirse que el PNLT es visitado generalmente por personas jóvenes. Según Maldonado (2000), las actividades recreativas como la observación de plantas y animales, disfrutar del paisaje, tomar fotografías e investigación, son las actividades que mayormente

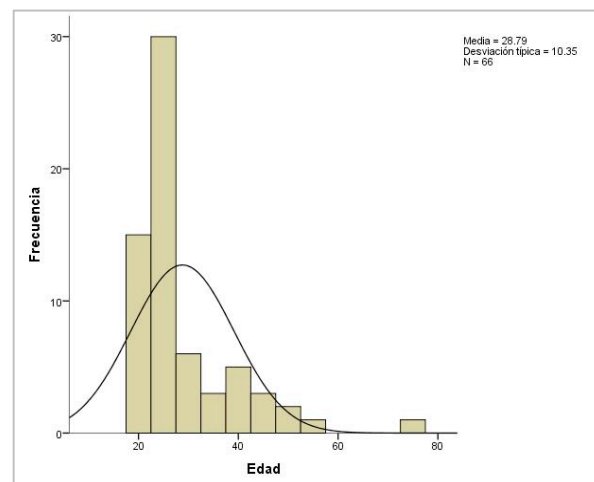


Figura 2. Distribución de la edad de los entrevistados

Motivos	Fr	% V
Educación	13	26,5
Investigación	1	2
Recreativo	25	51
Recreativo e Investigación	3	6,1
Recreativo y buscar productos del bosque	3	6,1
Trabajo	2	4,1
Visita familiar	2	4,1
Total	49	100
Perdidos	19	
Total	68	

Fr = Frecuencia, % V = Porcentaje Válido

Tabla 1. Motivos de visita al PNLT.

	¿Compraría usted un helecho?	¿Conoce usted los helechos?		Total
		Si	No	
Si	Recuento	44	4	48
	% del total	65,7%	6,0%	71,6%
No	Recuento	17	2	19
	% del total	25,4%	3,0%	28,4%
Total		91,0%	9,0%	100,0%

Tabla 2. Relación entre conocer y comprar un helecho

¿Cuánto pagaría por un helecho del medio silvestre?	Trabaja usted en				Total
	EP	IG	I	E	
L.200,00 a					
L.350,00	5,4%	10,8%	2,7%	73,0%	91,9%
L.600,00 a					
L.1000,00	0,0%	0,0%	0,0%	2,7%	2,7%
más de					
L.1000,00	0,0%	2,7%	0,0%	2,7%	5,4%
Total	5,4%	13,5%	2,7%	78,4%	100,0%

EP = Empresa privada, IG = Institución del Gobierno, I = Independiente, E = Estudiante

Tabla 3. Relación precio de compra y ocupación.

se realizan en el PNLT por los visitantes nacionales y extranjeros.

Se elaboró un cuadro de contingencia para determinar si existe relación entre la pregunta ¿Conoce usted los helechos? y ¿Compraría usted un helecho? Se obtuvo un total 67 casos válidos y 1 caso perdido. Se observó que el 91% de los entrevistados respondió "Si" y de este total el 65,7% compraría un helecho del medio silvestre; mientras que el 9% respondió "No" y el 3% no compraría un helecho del medio silvestre. Para esta relación se obtuvo un valor de $X^2 = 0,777$, lo que indica que existe poca significancia entre las variables (tab. 2).

De las 68 entrevistas realizadas, solo 39 otorgaban un precio a los helechos, según Riera (1994) "No se considerara aquellas respuestas que no otorgan un precio a la situación hipotética planteada"; por lo tanto, únicamente se consideró un total de 39 entrevistas para el análisis económico.

Haciendo una relación entre el género y la pregunta ¿Compraría usted un helecho? y ¿Porque? Se determinó que el 57,1% de las mujeres compraría un helecho y de este total el 46,4% lo compraría por motivos ornamentales; el 42,9% son hombres y de este total el 17,9% compraría un helecho por motivos ornamentales, 7,1% para medicina, 3,6% investigación y el 14,3% por su belleza (fig. 3). También se pudo determinar que la relación entre las variables es poco significativa debido a que se tuvo un valor $X^2 = 0,100$. En base a lo anterior, se puede decir que los hombres tienen un mayor conocimiento sobre los diferentes usos que se le puede dar a los helechos.

La edad mínima de los entrevistados dispuesto a pagar por un helecho del medio silvestres es de 20 años, la edad promedio es de 25,68 años, la edad media es 23 años y la máxima es de 51 años. La edad más frecuente es 22 años (fig. 4). Este resultado puede ser debido a que existe un mayor número de entrevistas llenada por personas jóvenes.

Se hizo una relación entre la pregunta ¿Cuánto pagaría por un helecho del medio silvestre? y edad de los entrevistados, se obtuvo un total de 37 (94,9%) casos válidos, el 91,9% está dispuesto a pagar (DAP) entre L. 200,00 (8,25 €) a L. 350,00 (14,45 €) y de este total el 21,6% tiene 22 años, 16,2% tiene 23 y 24 años de edad respectivamente; el 2,7% de las personas entrevistadas está dispuesta a pagar entre L. 600,00 (24,76 €) a L.1000,00 (41,27 €) y tienen una edad de 26 años y el 5,4% de las personas que están dispuestas a pagar más de L.1.000,00 y el 2,7% tiene 45 años de edad (fig. 5). Para esta relación se obtuvo un

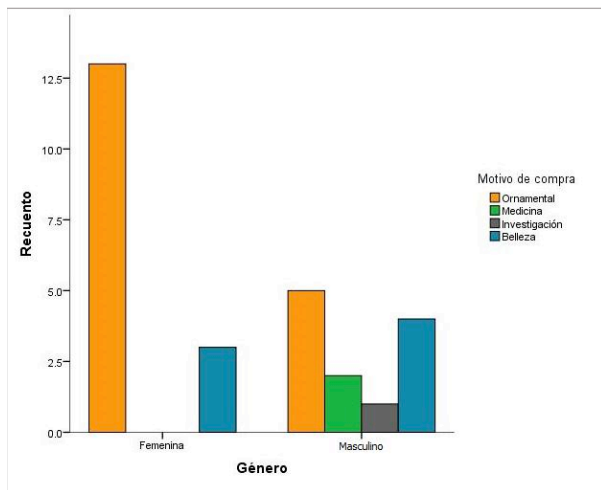


Figura 3. Motivo de compra de un helecho.

valor de $X^2=0,027$, por lo que se puede decir que existe una relación significativa entre las variables.

Mediante el análisis del cuadro de contingencia se analizó la relación entre la pregunta ¿Cuánto pagaría por un helecho del medio silvestre? y la ocupación de la persona entrevistada y se observó que el 78,4% son estudiantes y de este el 73% pagaría entre L. 200,00 y L.350,00 y el 10,8% de los que trabajan en una institución del gobierno pagaría la misma cantidad (tab. 3). El valor $X^2=0,843$ por lo que se puede decir que la relación entre las variables es poco significativa estadísticamente. En esta relación hubiese esperado que las personas que trabajan hubieran tenido mayor DAP que los estudiantes, esto puede ser debido a que los estudiantes tienen mayor conocimiento de los helechos, porque el 25,6% de los entrevistados ha visitado el PNLT por motivos educativos. Es importante destacar que son los estudiantes (universidad y colegio) los que mayormente visitan el PNLT (Maldonado, 2000).

En respuesta a la pregunta ¿Cuánto es lo máximo que estaría dispuesto a pagar? se realizó un análisis de frecuencia del pago máximo que los entrevistados (39) están DAP y se obtuvo un pago promedio de L. 479,20, un valor medio de L. 400,00 que a la vez es el valor más común, que la mitad de los entrevistados esta DAP, el pago mínimo es de L. 200,00 y el máximo es L. 1.500,00. También se observó que el pago máximo tiene una desviación típica de L. 273,20 con respecto a la media y la distribución de los datos es normal positiva (fig. 5).

Haciendo una relación entre la pregunta ¿Cuánto es lo máximo que estaría dispuesto a pagar? Y el género de la persona entrevistada,

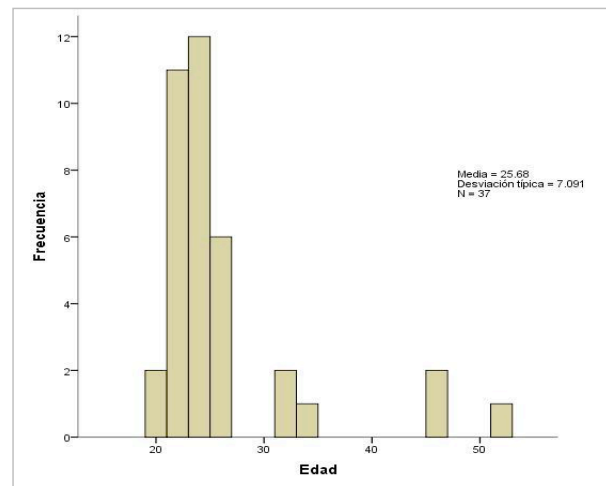


Figura 4. Rango de edad de los entrevistados

se obtuvo un total de 37 (94,9%) casos válidos y 2 (5%) casos perdidos; el 59,9% son mujeres del cual el 13,5% pagaría L. 350,00 y el 16,2% pagaría L.400,00; el 40,5% son hombres y el 10,8% pagaría L.400,00 (fig. 6). Para esta relación se obtuvo un valor $X^2 = 0,545$ indicando así que la relación entre las variables es poco significativa. En base a lo anterior, puede decirse que son las mujeres las que tienen mayor DAP a pesar a que se orientan más hacia el uso ornamental de los helechos.

Un ecosistema puede proveer gran cantidad de servicios, pero su valor económico dependerá finalmente de la disponibilidad y capacidad de pago por parte de los demandantes de tal servicio (Figuroa et al., 2009).

En respuesta a la pregunta ¿Cuál es la máxima cantidad que está dispuesto a aportar para un proyecto de reproducción de helechos silvestres? De los 68 entrevistados se obtuvo un total de 59 casos válidos, 9 casos perdidos. El 44,1% está dispuesto a aportar más de L. 60,00 y 35,6% aportaría entre L. 20,00 a L. 40,00 (1,65 €), (tab. 4). En base a lo anterior, puede decirse que existe una muy buena percepción hacia los helechos por parte de los entrevistados, porque el 44,1% esta DAP para apoyar un proyecto de reproducción de helechos silvestres.

Para responder la pregunta ¿Sabía usted que algunos helechos están en peligro de extinción? se estableció una relación entre esta y el género, se obtuvo un total de 65 (95,6%) casos válidos y 3 (4,4%) casos perdidos; el 23,1% de las mujeres y el 24,6% de los hombres respondieron que "Si" y el 52,3% de ambos géneros, respondieron que "No" sabían que algunos helechos estaban en peligro

Aporte		Fr	% V
Válidos	L. 5,00 a L. 10,00	12	20,3
	L.20,00 a L. 40,00	21	35,6
	más de L. 60,00	26	44,1
	Total	59	100,0
Perdidos	Sistema	9	
Total		68	

Tabla 4. Aporte para un proyecto de reproducción de helechos

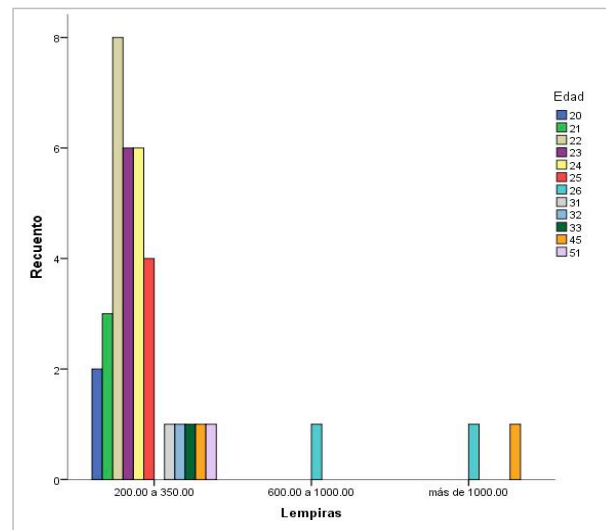


Figura 5. Precio de compra de un helecho vs. edad.

Motivos		Fr	% V
Válidos	Evitar extinción y educación	14	26,9
	Generar empleo y aprovechamiento sostenible	3	5,8
	Generar empleo y evitar extracción ilícita	1	1,9
	Medicina	4	7,7
	Mitigar daño al medio silvestre	1	1,9
	Muchos beneficios	1	1,9
	Parte del ecosistema	6	11,5
	Potencial económico	1	1,9
	Producción de Oxígeno	2	3,8
	Protección y aprovechamiento sostenible	2	3,8
	Reproducción	3	5,8
	Retienen agua	1	1,9
	Tener más Diversidad	1	1,9
	Conservación y concientización	7	13,5
	Cumpliendo Ley	1	1,9
	Belleza	2	3,8
	Ahora se lo importante que son	1	1,9
	Acceso legal	1	1,9
	Total	52	100,0
	Perdidos	Sistema	16
Total		68	

Tabla 5. Motivos para apoyar un proyecto de reproducción de helechos silvestres.

de extinción (fig. 7). Para esta relación se obtuvo un valor de $X^2 = 0,546$. Puede decirse que el 52,3% de los entrevistados, sin importar el género, no sabían que algunos helechos están en peligro de extinción.

En respuesta a la pregunta ¿Apoyaría usted un proyecto de reproducción de helechos silvestres? y ¿Por qué? Los motivos por los cuales los entrevistados apoyarían el proyecto son un 26,9% para evitar la extinción y realizar educación, 13,5% concientización, 11,5% porque son parte del ecosistema y el 7,7% para medicina (tab. 5).

Cinco (5) de los 68 entrevistados no apoyaría el proyecto por que manifiestan que: a) No es importante/Necesario (3), b) No por motivos comerciales (1) y c) Se roban el dinero (1), opiniones que fueron consideradas como Respuesta Protesta, esto quiere decir que no están totalmente en desacuerdo con el proyecto. A la vez destacó que las respuesta protestas fueron pocas en relación a otras investigaciones que se han realizado aplicando el MVC.

Estableciendo una relación entre la pregunta ¿Cuánto cree usted que debería pagar como multa la persona natural o jurídica que comercialice ilegalmente con helechos silvestres? y el género, se obtuvo un total de 45 casos válidos (66,2%), 23 casos perdidos (33,8%). En donde el 51,1% de los entrevistados son mujeres y de este total el 13,3% cree que se debería de pagar una multa entre L.600,00 a L.1.000,00; el 48,9% son hombres y de este total el 13,3% cree que se debe pagar más de L.10.000,00 (tab. 6). Para esta relación se obtuvo un valor de $\chi^2 = 0,705$, por lo que se puede decir que la relación entre las variables es poco significativa

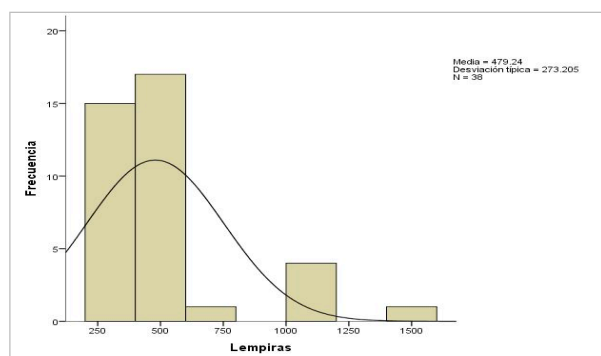


Figura 6. Disponibilidad de un máximo pago.

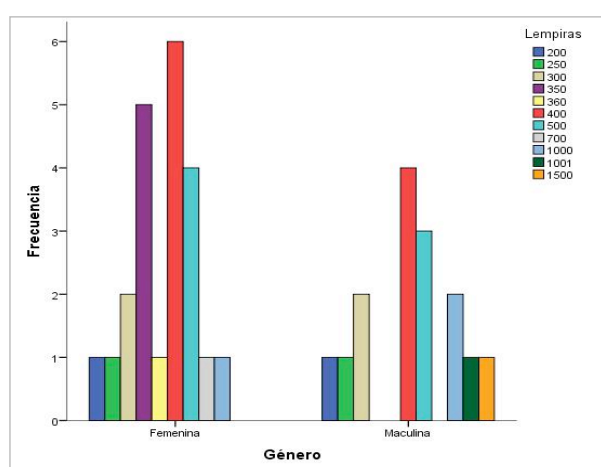


Figura 7. Relación género y máxima DAP.

y a pesar de ello se observa que son los hombres los que asignan la multa más elevada para toda aquella persona natural o jurídica que comercialice ilegalmente con helechos del medio silvestre y esto puede ser debido a que son también ellos los que saben más acerca de los usos que se les puede dar a los helechos (fig. 3). El resultado de esta respuesta puede ser debido al orden de las preguntas, por lo que puede ser considerado un sesgo dentro de la estructura de la entrevista.

La biodiversidad trae a la comunidad nacional e internacional muchos beneficios por el cual muchas personas, empresas y compañías farmacéuticas están dispuestas a pagar por ella (Figuroa et al, 2009).

Tomando como ejemplo los datos obtenidos de la parcela No. 12 del sendero la Esperanza, la cual fue ubicada a 2,120 msnm y en donde se encontró un total de 13 especies, equivalente a un total de 96 individuos (tab. 7), de los cuales 2 especies son arbóreas (63 individuos), 4 especies terrestres (12 individuos), 7 especies son epifitas (21 individuos).

Multa	Género		Total
	F	M	
L.50,00 a L.500,00	8,9%	8,9%	17,8%
L.600,00 a L.1.000,00	13,3%	4,4%	17,8%
L. 2.000,00 a L.4.000,00	6,7%	8,9%	15,6%
L. 5.000,00 a L. 7.000,00	8,9%	11,1%	20,0%
L.8.000,00 a L. 10.000,00	4,4%	2,2%	6,7%
más de L. 10.000,00	8,9%	13,3%	22,2%
Total	51,1%	48,9%	100,0%

F = Femenino, M = Masculino

Tabla 6. Multa a pagar por comercializar ilegalmente con helechos silvestres

Considerando los datos de la figura 7 en la que el 16,2% de las mujeres y el 10,8%, de ellas está dispuesta a pagar L. 400,00 por un helecho del medio silvestre (sin hacer la diferencia entre el tipo de hábitat, especie y estado en el que se encuentra el helecho en el ecosistema). En base con lo anterior, se podría obtener un total de L. 38,400.00 (1.535,57 €).

Conclusiones

El 91,9% de los entrevistados estaría DAP entre L. 200,00 (8,25€) a L. 350,00 (14,45€) y el máximo pago que están dispuestos a realizar es de L. 1.000,00 (59,73€). Es importante resaltar que son los estudiantes (73,0%) lo que tienen mayor DAP, resultado que desde mi punto de vista es positivo, debido a que pueden ser potenciales compradores de helechos o cualquier otra especie silvestre.

Se puede decir que la mayor parte de los entrevistados (52/68) considera que los helechos son importantes porque son parte del ecosistema que conforma el PNLT (del cual muchos se benefician), por lo que consideran que se debe evitar su extinción y su extracción ilícita, realizar educación y concientización entre otros. Además, el 44,1% está dispuesto a aportar más de L.60,00 (2,48 €) para apoyar un proyecto de reproducción de helechos silvestres.

Se determinó que la mayor parte de los entrevistados utiliza los helechos como plantas ornamentales, pero el 7,1% posiblemente lo utilice como plantas medicinales y el 3,6% para investigación. También se puede decir que el 1,9% de los entrevistados ve un potencial económico en los helechos, mediante el cual se puede generar empleo a través de un aprovechamiento sostenible, por parte de las personas que viven en

No	P y Subp.	Familia	Genero	Especie	Cantidad	AB	T	E	Total
1	10	Cyatheaceae	<i>Alsophila</i>	<i>Salvinii</i>	61	61			61
2	10	Cyatheaceae	<i>Cyathea</i>	<i>schiedeana</i>	2	2			2
3	10	Pteridaceae	<i>Pteris</i>	<i>orizabae</i>	2		2		2
4	10	Woodsiaceae	<i>Diplazium</i>	<i>drepanolobium</i>	5		5		5
5	10c	Hymenophyllaceae	<i>Hymenophyllum</i>	<i>fucoides</i>	1			1	1
6	10c	Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum</i>	<i>peltata</i>	1			1	1
7	10c	Polypodiaceae	<i>Serpocaulon</i>	<i>loriceum</i>	1			1	1
8	10c	Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum</i>	<i>eximium</i>	3			3	3
9	10c	Vittariaceae	<i>Vittaria</i>	<i>graminifolia</i>	3			3	3
10	10c	Aspleniaceae	<i>Asplenium</i>	<i>harpeodes</i>	6			6	6
11	10c	Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum</i>	sp.	8		2	6	8
12	10c	Dryopteridaceae	<i>Ctenitis</i>	<i>hemsleyana</i>	3		3		3
Total					96	63	12	21	96

P= Parcela; Subp= Subparcela; AB= Arborescente; T= Terrestre; E= Epífita. Fuente: Hernández,R. 2004

Tabla 7. Helechos de la parcela No. 12 del sendero La Esperanza del PNLT

las comunidades que se encuentran en la zona de amortiguamiento del PNLT. Además, el 7,7% opina que los helechos pueden ser utilizados como plantas medicinales.

De acuerdo a la información obtenida durante esta investigación, ya se tiene un precio de referencia para los helechos y específicamente los de la parcela 12 del sendero La Esperanza del PNLT, para el cual se obtuvo un total de L.38,400.00 (1.535,57 €).

Son pocos los estudios que se han realizado para valorar económicamente los recursos naturales y sobre todo un estudio específico para los helechos, por lo que se propone este documento como referencia de aplicación del Método de Valoración Contingente (MVC), y la generación de un valor cuantitativo para los helechos, el cual puede ser utilizado por el Estado de Honduras para solicitar la retribución de beneficios económicos, científicos y otros (en relación al CDB), de algunas empresas farmacéuticas nacionales e internacionales que han utilizado el recurso fitogenético del país, para generar productos con altos márgenes de ganancias. Además, esta metodología puede ser usada para analizar otras especies de interés que están en peligro de extinción, o que son comercializadas a nivel nacional e internacional (formando parte de los Apéndices de CITES), debido a su comercio internacional.

Además, con este documento se dispone de una herramienta más para que se haga una gestión adecuada de estos, por parte de las instituciones

encargadas de la administración de los recursos naturales, por parte de la sociedad, los operadores de justicia y los tomadores de decisiones políticas.

Recomendaciones

Realizar un estudio de mercado para conocer cuáles son las especies de helechos más apetecidas por los pobladores hondureños y las preferencias del mercado internacional, para así desarrollar un proyecto de reproducción de helechos de forma sostenible y poder comercializarlos legalmente.

Consultar con los pobladores de las comunidades circundantes sobre el proyecto de aprovechamiento sostenible de helechos y gestionar fondos para realizarlo.

Realizar investigaciones fisicoquímicas de los helechos, para conocer su potencial económico y a la vez, conocer cuáles son los principios activos que cada uno de estos posee, para que puedan ser utilizados ampliamente como plantas medicinales o alimenticias, como es el caso de *Phlebodium pseudoaureum* y *P. decumanum*.

Agradecimientos

Esta investigación se realizó gracias a la beca otorgada por el Programa de becas Iberoamérica+Asia+Universidad de Valladolid+Banco de Santander. Al apoyo brindado por la Dra. Beatriz Urbano López De Meneses y al Dr. Alexander Francisco Rojas Alvarado, por los conocimientos transmitidos. Al MSc. Miguel Antonio Barahona, profesor de la Universidad

Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) y a sus alumnos por ayudarme a llenar las entrevistas.

Al Dr. Alejandro Zavala Hurtado de la Universidad Autónoma Metropolitana de Iztapala, México, por sus recomendaciones. Quiero agradecer especialmente al profesor Salvador Hernández por su calidad humana y los consejos brindados. A los profesores Enrique Relea y Luis Manuel Navas por su apoyo y apertura.

A mi familia por su apoyo incondicional y finalmente doy gracias a todas aquellas personas que de alguna manera se involucraron en la realización de esta investigación.

Referencias

- Figuroa, B., Reyes, P. & Rojas, J. (2009) *Pago por servicios ambientales en áreas protegidas en América Latina*. Documento Técnico, FAO, Santiago, Chile.
- Hernández, R. (2004) *Diversidad de helechos en el sendero La Esperanza del Parque Nacional La Tigra*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH). Tegucigalpa.
- Hernández, R. (2006) *Diversidad de Helechos en el sendero La Cascada del Parque Nacional La Tigra*. USAID/MIRA, Tegucigalpa.
- Hernández, R. (2015) *Valoración económica de los helechos del parque nacional La Tigra, Honduras, C.A.* Tesis. Universidad de Valladolid,
- Hernández, R. & Nelson, C. (2007) Etnobotánica de los helechos de Honduras. *Ceiba*, 48(1-2), 1-10.
- Maldonado, R. (2000) *Determinación de la capacidad de carga turística como una opción para el manejo sustentable del Parque Nacional La Tigra*. Tesis de Maestría, CATIE, Turrialba.
- Muñiz, M., Mendoza, A. & Pérez-García, B. (2007) Uso de los helechos y plantas afines. *Etnobiología*, 5, 117-125.
- Murillo, A. & Erazo, M. (Eds.). (2013) *Anuario Estadístico Forestal*. Tegucigalpa: Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF).
- Perez, B. & Reyes, I. (1993) *Helechos: propagación y conservación*. Ciencias, 11-17.
- Riera, P. (1994) *Manual de Valoración Contingente*. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales.
- Rojas, A. (2017) Observatorio ambiental de la Universidad Nacional de Costa Rica. Obtenido de: <http://www.observatorioambiental.una.ac.cr/index.php/indicadores-ambientales/tema/357-variacion-en-la-diversidad-y-distribucion-de-licofitos-y-helechos-en-la-estacion-biologica-rio-macho-y-su-relacion-con-variaciones-climaticas>
- Rzedowski, J. (1991) Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Bot. Mexica*, 14, 3-21.
- Tejero, D., Torres, A., Mickel, J., Mehlreter, K. & Krömer, T. (2017) Helechos y licopodios. Obtenido de: http://www.academia.edu/11871666/Helechos_y_licopodios
- Tribunal Superior de Cuentas (TSC) -2012- Auditoría de gestión ambiental practicada a el Instituto de Conservación Forestal (ICF) sobre la administración del área protegida Parque Nacional La Tigra (PNLT). Auditoría, TSC, Auditorías al Sector Recursos.
- Villeda, E. (2013) Plan de Manejo del Parque Nacional La Tigra. Tegucigalpa: Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF).

Novedades en *Pteris* L. (Pteridaceae) para Costa Rica

Alexander Francisco Rojas-Alvarado

Universidad Nacional de Costa Rica.

Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica

Correspondencia

A.F. Rojas-Alvarado

e-mail: alfrojasa@yahoo.com

Recibido: 6 abril 2017

Aceptado: 29 agosto 2017

Publicado on-line:

Resumen

Dos especies de *Pteris* L. para Costa Rica se describen aquí. *Pteris arbelaeziana* A. Rojas que difiere de *P. muricatopedata* A. Arbeláez porque tiene escamas del rizoma y estípites más largas, hoja pinnada y distribuido a elevaciones superiores. *Pteris caridadiae* Testo & J. E. Watkins difiere de *Pteris livida* Mett. por sus escamas del rizoma y estípites más estrechas, las escamas del estípites densamente cubriéndolo todo, pinnas basales bifurcadas con la pinna basiscópica más pequeña y pinna apical más corta en relación con las laterales.

Palabras clave: *Pteris livida*, *Pteris muricatopedata*, especies nuevas, Polypodiales, Pteridophyta.

Abstract

Novelties in Pteris L. (Pteridaceae) from Costa Rica

Two species of *Pteris* L. from Costa Rica is described here. *Pteris arbelaeziana* A. Rojas that differs from *P. muricatopedata* A. Arbeláez because it has longer rhizome and stipe scales, pinnate blade and distributed at high elevations. *Pteris caridadiae* Testo & J. E. Watkins differs from *Pteris livida* Mett. by its narrower rhizome and stipe scales, the stipe scales densely covering throughout, basal pinnae bifurcate with smaller basiscopic pinna and shorter apical pinna in relation with lateral ones.

Key words: New species, *Pteris livida*, *Pteris muricatopedata*, Polypodiales, Pteridophyta.

Introducción

El género *Pteris* L. (Subfamilia Pteridoideae, Pteridaceae) es un género pantropical con aproximadamente 200 especies y caracterizado por: 1) soro en una comisura marginal que conecta el ápice de las venas, con paráfisis filamentosos (algunas veces pocos); 2) Indusio fuertemente diferenciado del margen recurvado; y 3) esporas tetrahédricas o globosas, triletes, usualmente con un ala ecuatorial y pequeños tubérculos más o menos fusionados en el borde, o tubérculos prominentes, o reticuladas. Además, presentan distintos tipos de arquitectura laminar y venación variando de libres a areoladas (Prado y Windish 2000).

Según Arbeláez (1996) *Pteris* contiene más

de 300 especies y es de distribución pantropical. En América, *Pteris* está representado por aproximadamente 60 especies y carece de una revisión taxonómica moderna.

Como regularmente es circunscrito, este es heterogéneo y probablemente polifilético, por esta razón es difícil dar características que definan el género (Moran 2012). El género *Pteris* presenta una problemática referente a su filogenia y por lo tanto a su taxonomía, porque en estudios moleculares recientes, con la secuenciación de genes *rbcL*, *atpB* y *atpA* (Schuettpelz y Pryer (2007) han demostrado que a pesar de que la familia Pteridaceae es monofilética, el género *Pteris* no lo es. Zhang et al. (2014) encontraron que *Neurocallis* Fée quedaba dentro de *Pteris*, en tanto

que *Pteris vittata* L. se separaba como un grupo basal del género o incluso puede ser considerado dos géneros, pero sin suficientes características morfológicas para segregarlo, debido a que *Pteris* es muy variado en su morfología.

Moran (1995) indica que *Pteris livida* Mett. exhibe una considerable variación en lo escamoso del pecíolo y sugiere que es necesario hacer estudios adicionales para determinar si este carácter se correlaciona con otros.

Arbeláez (1995) menciona que dentro del grupo de *P. muricata* Hook., la especie *P. muricatopedata* Arbeláez, es la única con lámina pedada, además menciona que *Pteris muricata* tiene frondas escandentes y en la misma descripción de esta especie se indica que tiene escamas del rizoma de 1–6 mm de largo y pardo-doradas, en tanto que la revisión de especímenes de herbario de *P. muricatopedata* demuestran que en esta especie las escamas del rizoma son de 0.5–2 mm de largo y pardo oscuro a negras en el centro.

Varios trabajos recientes han hecho aportes importantes al género con la descripción de especies nuevas, nuevos registros y clarificación

de especies, entre ellos: Prado (1993) que da un nuevo nombre a *P. gracilis* Fée (nombre ilegítimo) y la nombra como *P. congesta* J. Prado y cambia de estatus a *P. tristicula* Raddi como variedad de *P. denticulata* Sw.; Arbeláez (1995) describe a *P. muricatopedata* Arbeláez y *P. albertiae* Arbeláez como especies nuevas y registra dos especies más para Colombia; Lellinger (1997) donde redefine las especies *P. deflexa* Link y *P. polita* Link y aclara el uso de otros nombres; Prado y Smith (2002) describen a *P. boliviensis* Prado & A. R. Sm. y *P. krameri* Prado & A. R. Sm. y registran una especie más para Bolivia. Rojas y Palacios (2006) describen a *Pteris herrerae* A. Rojas & M. Palacios indicando que esta especie se diferencia por tener el pecíolo y raquis pajizo a pardo-amarillento; pinnas basales no furcadas, las pinnas con los segmentos basales reducidos a 1/5–1/2 del tamaño de los restantes, éstos no falcados o escasamente así, el ápice de las pinnas mucronado; ápice de los segmentos ondulado y las nervaduras parcialmente areoladas (con una areola a lo largo de la costa y a lo largo de la cóstula y con nervaduras libres arriba de las areolas). Rojas y Chaves (2014) hacen el registro de

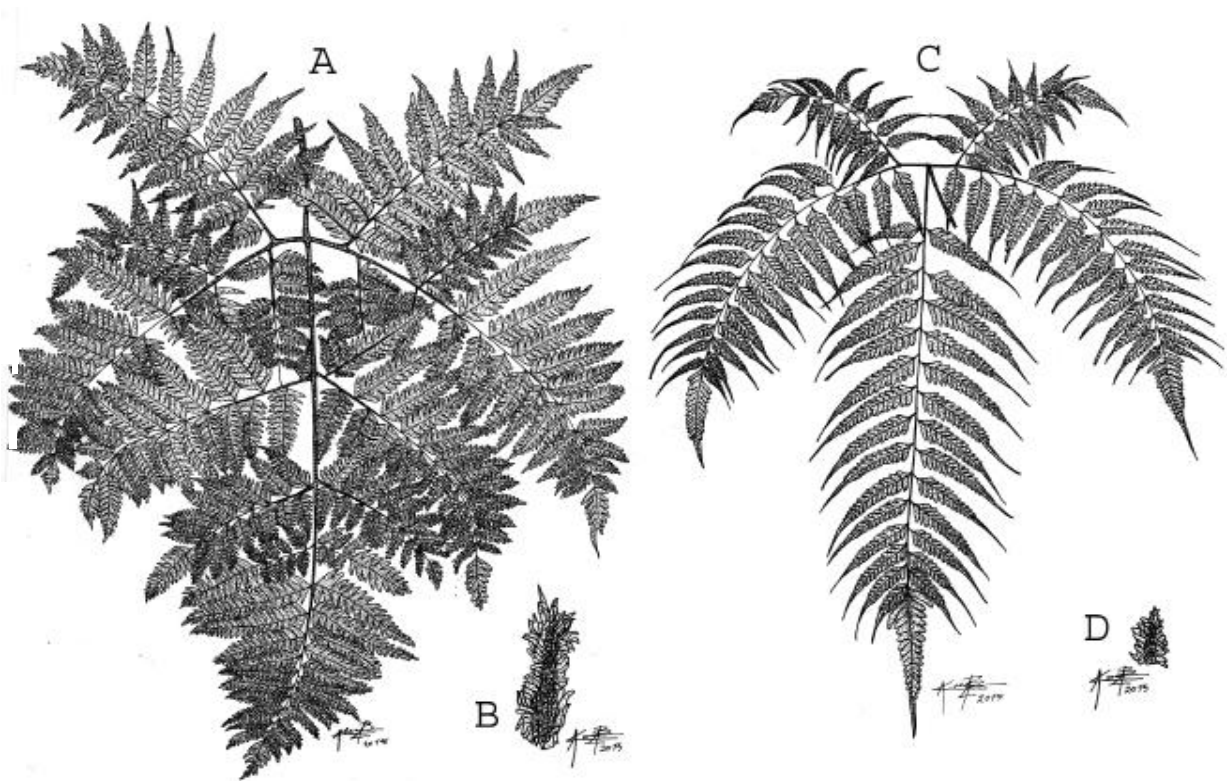


Figura 1. A–B. Dibujo del material tipo de *Pteris arbelaeziana* (A. Rojas 11230, CR). **A)** Lámina. **B)** Escama del rizoma. **C–D.** Dibujo de material representativo de *Pteris muricatopedata* (A. Rojas 11260, CR). **C)** Lámina. **D)** Escama del rizoma. **Figure 1. A–B.** Drawing of type material of *Pteris arbelaeziana* (A. Rojas 11230, CR). **A)** Blade. **B)** Rhizome scale. **C–D.** Drawing of representative material of *Pteris muricatopedata* (A. Rojas 11260, CR). **C)** Blade. **D)** Rhizome scale.



Figura 2. A–B. Fotografía de *Pteris arbelaeziana* (A. Rojas 11230, CR). **A)** Lámina. **B)** Detalle del rizoma y estípote. **Figure 2. A–B.** Photograph of *Pteris arbelaeziana* (A. Rojas 11230, CR). **A)** Blade. **B)** Rhizome and stipe detail.

Pteris albertiae y *P. longifolia* L. para Costa Rica, *P. longipetiolulata* Lellinger para Costa Rica, Panamá, Perú, Bolivia y Venezuela y, *P. muricatopedata* para México y Guatemala. Finalmente, Testo y Watkins (2015) publican la especie híbrida *P. x caridadiae* Testo & J. E. Watkins, indicando que la misma es híbrida entre *P. livida* y *P. podophylla* Sw.

Como resultado de la revisión de las especies de *Pteris* para Costa Rica, se describe una especie nueva para la región y se reconoce como especie una especie híbrida publicada recientemente.

Materiales y métodos

La nueva especie han sido así considerada después de comparar con las descripciones y claves de especies afines en distintos tratamientos taxonómicos para el Neotrópico, tales como: Gómez y Arbeláez 2009; Lellinger 1989; Mickel y Beitel 1988; Mickel y Smith 2004; Moran 1995; Murillo et al. 2008; Smith 1981, 1995; Stolze 1981; Tryon y Stolze 1989, entre otros. La especie híbrida que aquí es aceptada como especie válida,

es el resultado de las propias investigaciones de este autor y después de encontrar que esta entidad se encuentra en sitios donde los supuestos progenitores (uno o ambos) no están, por tanto, se comporta como especie; además, se encuentra más ampliamente distribuida en Costa Rica.

Los especímenes de las especies tratadas se encuentran depositados en los herbarios: Museo Nacional de Costa Rica (CR), Kew Botanical Garden (K), Missouri Botanical Garden (MO), Universidad de California (UC) y Universidad de Costa Rica, Herbario Luis A. Fournier (USJ).

***Pteris arbelaeziana* A. Rojas, sp. nov.** (Fig. 1, 2)

TIPO: COSTA RICA. San José: Pérez Zeledón, San Gerardo de Rivas, Parque Nacional Chirripó, sendero a cerro Chirripó, entre la estación de Llano Bonito y km 9, 9°27'15"N, 83°32'40"W, 2500–2830 m, A. Rojas 11230 (Holotipo: CR; Isotipos: K, MO).

Diagnosis. *Pteris arbelaeziana* differs from *P. muricatopedata* because it has longer rhizome and stipe scales, pinnate blade and distributed at high elevations.

Descripción. Rizoma 1–2 cm de diámetro, rastrero a ascendente; escamas del rizoma 1–5 x 0.5–1 mm, lanceoladas a linear-lanceoladas, bicoloras, centro pardo oscuro, rígido, lustroso, margen pardo-dorado, flácido, eroso; frondas 1–2,5 m de largo; estípote 120–135 cm de largo, 3/5–2/3 del tamaño de la fronda, muricado a espinoso, pardo a pardo-rojizo; lámina 70–90 cm de ancho, 2-pinnado-pinnatífida a 3-pinnado-pinnatífida, coriácea, la base truncada; pinnas 3–24 cm de ancho, 7–12 pares, las basales 1–2-pinnado-pinnatífidas desde la base, inequiláteras (con la pínula basal basiscópica 1,2–1,5 más larga que la acroscópica), con pedículo de hasta 5 cm de largo; últimos segmentos falcados, serrulados al menos en el ápice, el ápice largamente agudo a mucronado; raquis y costas con protuberancias redondeadas pequeñas o espinas cortas abaxialmente, con pelos lineares a estrellados, pardos a negruzcos; costas aristadas, las aristas de menos de 1 mm, firmes, verde-amarillentas; nervaduras libres; soros por lo común cubriendo todo el margen de los segmentos, excepto los senos y una pequeña parte del ápice.

Etimología. Esta especie es dedicada a Alba Luz Arbeláez Álvarez, por sus importantes aportes al género en Colombia.

Distribución. Conocida sólo en la vertiente Pacífica de la Cordillera de Talamanca a 2400–2800 m. Costa Rica y probablemente Panamá.

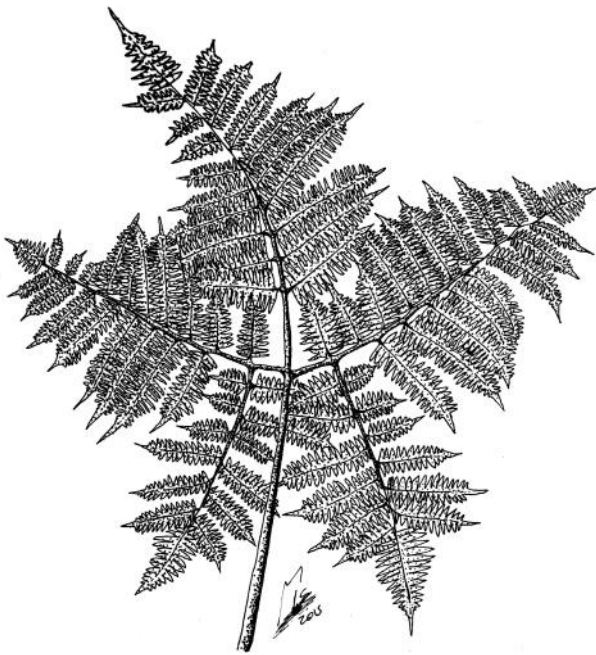


Figura 3. A–B. Ilustración del material representativo de *Pteris caridadiae* (A. Rojas 10451, CR). **A)** Lámina. **B)** Detalle del estípite. **Figure 3. A–B.** Drawing of representative material of *Pteris caridadiae* Testo & J.E. Watkins (A. Rojas 10451, CR). **A)** Blade. **B)** Stipe detail.

Material adicional revisado. COSTA RICA. San José: Pérez Zeledón, San Gerardo de Rivas, Parque Nacional Chirripó, sendero a Cerro Chirripó, quebrada a mano izquierda del sendero unos 300–500 m de la estación Llano Bonito, 9°27'18"N, 83°32'35"W, 2400–2500 m, 23 ago 2015, A. Rojas 11259 (CR, MO, USJ).

Observaciones. *Pteris arbelaeziana* difiere de *P. muricatopedata*, por presentar escamas del rizoma y base del estípite relativamente más grandes (1.5 x 0.5–1 mm vs. 0.5–2 x ca. 0.5 mm, lámina pinnadamente ramificada (vs. pedada) y que además en el sitio de colecta del tipo la especie nueva se encuentra a mayor elevación. Por su estructura laminar puede parecerse a *P. muricata*, pero difiere porque las escamas del rizoma tienen el centro pardo oscuro a negro (vs. pardo-amarillento), frondas erectas (vs. escandentes), estípite y raquis muricado (vs. espinoso) y pardo a pardo-rojizo (vs. pajizo).

Pteris caridadae Testo & J. E. Watkins (Fig. 3,4)

TIPO: COSTA RICA. San José: San Gerardo de Dota, Savegre Natural Reserve, 9°54'54"N, 83°80'44"W, 2200 m, edge of stream at trailhead of El Canto de las Aves trail, montane oak forest, 8 Jul 2014, W. Testo 585 (holotipo: VT; isotipo: CR).

Descripción. Rizoma 2–5 cm de diámetro, compacto, escamoso; escamas del rizoma 3–6 x 1–2 mm, ovadas a lanceoladas, doradas a pardo-amarillentas, flácidas, enteras; frondas 1.5–2.5 (–3) m de largo; estípite 1/2–2/3 del tamaño de la fronda, liso a muricado (no espinoso), pajizo a castaño, densamente escamoso, las escamas 3–8 x 1.5–3 mm, ovadas a lanceoladas, doradas a pardo-amarillentas, flácidas, enteras; lámina 50–100 cm de ancho, pentapartita, carnosa a herbácea, la base truncada; pinnas basales agrandadas con la pinnula basal basiscópica prolongada y 1-pinnada; pinnas suprabasales 8–12 pares, 8–16 cm de ancho, pinnatífidas a 1-pinnadas, cortamente pediculadas y las últimas sésiles; últimos segmentos rectos o apenas curvados, separados por senos anchos, el ápice serrado a crenado, acuminado; raquis y costas pajizos a castaño, no o sólo esparcidamente espinosos, escamosos o menos comúnmente glabros, aristados adaxialmente, las aristas de menos de 0.5 mm, verdosas, adpresas, firmes; nervaduras areoladas en toda su extensión, sólo una aréola costal entre cóstulas adyacentes; soros por lo común cubriendo todo el margen de los segmentos, excepto el ápice.

Distribución. En la Cordillera de Tilarán, vertiente Norte de la Cordillera Central y vertiente Caribe de la Cordillera de Talamanca a 800–1600 m.

Material adicional revisado. COSTARICA. Alajuela: San Ramón, Reserva Forestal San Ramón, cordillera de Tilarán, estación río San Lorenzo, 10°13'00"N, 84°35'20"W, 800–1000 m, 22 abr 1994, Z. Fuentes 759 (CR); San Ramón, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, sendero a Bajo Jamaical, entre el rótulo y el primer cruce, 10°13'15"N, 84°36'45"W, 1200–1400 m, 25 ene 2007, A. Rojas & J. Cervantes 7448 (CR, MO, USJ); N slope of ridge along quebrada draining eastward to Río Cataratitas, ca. 20 km NW of San Ramón, 10°13'N, 84°32'W, ca. 850 m, 3 Feb 1986, A. Smith et al. 2266 (CR, UC). Cartago: Paraíso, Orosi, Parque Nacional Tapantí-Macizo de La Muerte, sector Tapantí, sendero Pavas, 9°44'55"N, 83°47'05"W, 1300–1500 m, 23 ago 2013, A. Rojas 10451 (CR, MO). Heredia: Braulio Carrillo National Park, 10°20'N, 84°10'W, 1215 m, 13 Nov 1986, E. Hennipman et al. 6890 (CR). Heredia, Vara Blanca, Cinchona, cordillera Central, 1 km de la catarata de La Paz, servidumbre entrando a mano izquierda, finca de Álvaro Jiménez, 10°12'33"N, 84°10'09"W, 1500–1600 m, 31 may 2014, A. Rojas, M. Salazar & K. Alfaro 10638 (CR).

Observaciones. *Pteris caridadiae* difiere de *Pteris livida* Mett. por un estípite liso a dispersamente muricado (vs. comúnmente espinoso) y escamoso en toda su extensión (vs. glabro a dispersamente escamoso en la base), lámina pentapartita (vs.



Figura 4. A–B. Fotografía de *Pteris caridadiae* (A. Rojas 10451, CR). **A)** Lámina. **B)** Detalle del estípite. **C)** Detalle del primordio foliar. **D–F.** Fotografía de *Pteris navarrensis* en la misma localidad del tipo. **D)** Lámina. **E)** Detalle del estípite. **F)** Detalle del primordio foliar. **Figure 4. A–B.** Photograph of *Pteris caridadiae* Testo & J.E. Watkins (A. Rojas 10451, CR). **A)** Blade. **B)** Stipe detail. **C)** Fiddlehead detail. **D–F.** Photograph of *Pteris navarrensis* Christ in the same type locality. **D)** Blade. **E)** Stipe detail. **F)** Fiddlehead detail.

tripartita) con las pinnas basales 1-bifurcadas (vs. pinnas basales no bifurcadas o apenas inequiláteras), pinna central o apical 1,2–1,5 más largas que las laterales (vs. 1,5–2 veces más larga) e indusio blanco (vs. amarillento a pardo). También se parece a *P. navarrensis* Christ por la estructura de la lámina, pero *P. caridadiae* tiene estípite liso o apenas dispersamente muricado (vs. espinoso), densamente escamoso (vs. dispersamente escamoso) y las escamas doradas a pardo-amarillentas (vs. pardo oscuro), pinnas basales 1-bifurcadas (vs. comúnmente 2-bifurcadas) y pinnas suprabasales 8–16 cm de ancho (vs. 4–6 cm de ancho), últimos segmentos más largos (4–8 cm de largo vs. 1,5–3 cm) y estos con ápice agudo (vs. obtuso a raramente agudo).

La distribución amplia de *Pteris caridadiae* en Costa Rica y su presencia en sitios donde

uno o ambos supuestos progenitores no existen, asegura que no se trata de un híbrido sino de una especie válida, sin importar si la misma tiene verdaderamente origen híbrido o si los mencionados supuestos progenitores son realmente los que dieron origen a esta especie.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) y al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). También agradezco al Herbario Nacional de Costa Rica (CR) por el préstamo de material y el espacio para revisar los especímenes, a Karen Bermúdez Barrantes y a Pablo Muñoz Cambronero por sus excelentes ilustraciones, a los revisores anónimos por sus recomendaciones que ayudaron a mejorar este artículo; a todos aquellos que, en una forma o en otra, ayudaron a la realización de este proyecto.

Referencias

- Arbeláez, A.L. (1995). Two new species and new records for *Pteris* (Pteridaceae) from Colombia. *Brittonia*, 47(2), 175–181.
- Arbeláez, A.L. (1996). Monografía N°18. La Tribu Pteridaceae. In: *Flora de Colombia*, P. Pinto (ed.). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. p. 10–105.
- Gómez, L.D. & Arbeláez, A.L. (2009). *Flora de Nicaragua*. Missouri Botanical Garden Press. P. 134–137.
- Lellinger, D.B. (1989). The ferns and fern-allies from Costa Rica, Panamá, and The Chocó. Part I. Psilotaceae through Dicksoniaceae. *Pteridología*, 2A, 1–364.
- Lellinger, D.B. (1997). *Pteris deflexa* and its Allies. *Amer. Fern J.*, 87, 66–70.
- Mickel, J.T. & Beitel, J.M. (1988). Pteridophyte Flora of Oaxaca, Mexico. *Mem. New York Bot. Gard.*, 46, 320–327.
- Mickel, J.T. & Smith, A.R. (2004). The Pteridophytes of México. *Mem. New York Bot. Gard.*, 88, 533–544.
- Moran, R.C. (1995). *Pteris* L. In: *Flora Mesoamericana*, R. C. Moran and R. Riba (eds.). Volumen 1. Psilotaceae a Salviniaceae. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. p. 140–144.
- Moran, R.C. (2012). *Neotropical Genera of Ferns and Lycophytes*. Organization for Tropical Studies. San José, Costa Rica. Mimeografiado. 407 p.
- Murillo, M.T., Murillo, V. & León, V. (2008). *Los Pteridófitos de Colombia*. Arfo. Bogotá, DC. 533 p.
- Prado, J. & A.R. Smith, A.R. (2002). Novelty in Pteridaceae from South America. *Amer. Fern J.*, 92, 105–111.
- Prado, J. & Windisch, P.G. (2000). The genus *Pteris* L. (Pteridaceae) in Brazil. *Boletim do Instituto de Botânica* 13, 103–199.
- Rojas, A.F. & Chaves, J.M. (2014). New records of *Pteris* (Pteridaceae) from the Neotropics. *Rev. Mex. Biodivers.* 85, 301–303.
- Rojas, A.F. & Palacios, M. (2006). Una especie nueva de helecho del género *Pteris* (Pteridaceae) endémica de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54(3), 1061–1066.
- Schuettpelz, E. & Pryer, K.M. (2007). Ferns phylogeny inferred from 400 leptosporangiate species and three plastid genes. *Taxon* 56(4), 1037–1050.
- Smith, A.R. (1981). Pteridophytes, p. 1–370. In: D.E. Breedlove (ed.). *Flora of Chiapas*. Part 2. Calif. Acad. Sci., San Francisco, California, EEUU.
- Smith, A.R. (1995). Pteridophytes, p. 1–334. In: P.E. Berry, B.K. Holst & K. Yatskievych (eds.). *Flora of the Venezuelan Guayana*. Volume 2. Pteridophytes, Spermatophytes, Acanthaceae-Araceae. Timber, Oregón, EEUU.
- Smith, A.R., Pryer, K.M. Schuettpelz, E., Korall, P. Schneider, H. & Wolf, P.G. (2006). A classification for extant fern. *Taxon* 55, 705–731.
- Stolze, R.G. (1981). Ferns and fern allies of Guatemala. Part II. Polypodiaceae. *Fieldiana Bot.*, n.s. 6, 446–458.
- Tryon, R.M. & Stolze, R.G. (1989). Pteridophyta of Perú. Part II. 13. Pteridaceae-15. Dennstadiaceae. *Fieldiana Bot.*, n.s. 22, 70–81.
- Zhang, L., Rothfels, C.J., Ebihara, A., Schuettpelz, E., Le Pechon, T., Kamau, P., He, H., Zhou, X.M., J. Prado, A. Field, G. Yatskievych, X.F. Gao & Zhang, L.B. (2014). A global plastid phylogeny of the brake fern genus *Pteris* (Pteridaceae) and related genera in the Pteridoideae. *Cladistics* (2014), 1–18.

Tres especies nuevas de *Hymenophyllum* Sm. (Hymenophyllaceae, Pteridophyta) para Costa Rica y Colombia

Alexander Francisco Rojas-Alvarado

Universidad Nacional de Costa Rica.
Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica, CA

Correspondencia

A.F Rojas-Alvarado

e-mail: alfrojasa@yahoo.com

Recibido: 6 julio 2017

Aceptado: 11 septiembre 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Resumen

En este artículo tres especies nuevas de *Hymenophyllum* Sm. son descritas e ilustradas para Costa Rica y Colombia: *H. densipilosum* A. Rojas, *H. hastatum* A. Rojas e *H. multicristatum* A. Rojas. Todas las especies aquí descritas están relacionadas a *H. plumosum* Kaulf. por la lámina densamente pelosa en ambas superficies, los tricomas estrellados y la presencia de alas o crestas en la superficie dorsal de las venas. La primera especie difiere de *H. plumosum* por lámina 1-pinnada-bipinnatífida a 2-pinnada-pinnatisecta, relativamente más ancha, la lámina más densamente pilosa, los pelos de haz blanquecinos a dorados y adpresos y distribuida a mayor elevación. La segunda especie se diferencia de *H. plumosum* por lámina menos densamente pelosa, pinnas equiláteras y hastadas con dos grandes lóbulos basales y alas del lado dorsal de la lámina más anchas. La tercera especie se distingue de *H. plumosum* porque presenta lámina oblanceolada, pinnas más marcadamente incisas, haz de la lámina menos densamente peloso y venas dorsalmente con (2-) 4-5 alas paralelas y seccionadas en crestas.

Palabras clave: Especies nuevas, helechos, Hymenophyllales, *Hymenophyllum plumosum*, Neotrópico.

Abstract

Three new species of Hymenophyllum Sm. (Hymenophyllaceae; Pteridophyta) from Costa Rica and Colombia

In this paper three new species of *Hymenophyllum* Sm. are described and illustrated from Costa Rica and Colombia: *Hymenophyllum densipilosum* A. Rojas, *Hymenophyllum hastatum* A. Rojas and *Hymenophyllum multicristatum* A. Rojas. All species described here are related to *H. plumosum* Kaulf. by the densely hairy blade on both surfaces, stellated trichomes and the presence of wings or ridges on the dorsal surface of the veins. The first species differs from *H. plumosum* by 1-pinnate-bipinnatifid to 2-pinnate-pinnatisect relatively broader leaf, whitish to golden and appressed adaxial surface hairs and distributed at higher elevation. The second species differs from *H. plumosum* by less densely hairy blade, equilateral and hastate pinnae with two high basal lobes and broader adaxial wings of the veins. The third species is distinguished from *H. plumosum* because it has an oblanceolate leaf, more markedly incised pinnae, less densely hairy adaxial blade surface and veins dorsally with (2-) 4-5 parallel wings and sectioned on ridges.

Key words: Ferns, Hymenophyllales, *Hymenophyllum plumosum*, Neotropic, new species.

Introducción

La Hymenophyllaceae es la mayor familia de helechos leptosporangiados basales y comprende alrededor de 600 especies (Iwatsuki, 1990). Los integrantes se distinguen fácilmente por sus láminas generalmente de una célula de espesor, y la monofilia de la familia no ha sido cuestionada.

Tradicionalmente en esta familia sólo se han reconocido dos géneros: *Hymenophyllum* Sm. con involúculos bivalvos y *Trichomanes* L. con involúculos tubulares (Ebihara et al., 2006).

Recientes estudios filogenéticos moleculares (Dubuisson 1997, Pryer et al. 2001, Hennequin et al. 2003, Ebihara et al. 2004, Ebihara et al. 2006) han proporcionado nuevos conocimientos sobre la sistemática dentro de las Hymenophyllaceae. La presencia de dos grandes grupos monofiléticos

(Pryer et al. 2001, Ebihara et al. 2006) puede ser interpretada para apoyar el sistema bigenérico tradicional; Sin embargo, algunos taxones tradicionales de *Trichomanes* (Mett.) Copel. (*Cardiomanes* C. Presl, *Microtrichomanes* (Mett.) Copel., *Pleuromanes* C. Presl) pertenecen de hecho al linaje de *Hymenophyllum* (Pryer et al. 2001, Hennequin et al. 2003, Ebihara et al. 2006). Por otra parte, los linajes tricomanoides e himenófiloides, que consisten casi en el mismo número de taxones, poseen antecedentes históricos diferentes, donde el linaje de *Hymenophyllum* probablemente se diversificó más recientemente que el linaje *Trichomanes* (Ebihara et al. 2004; Schuettpelz et al. 2006), por tal motivo son mantenidos dentro de un mismo género.

De acuerdo a la clave presentada por Ebihara et al. (2006), las especies descritas aquí pertenecen al subgénero *Sphaerocionium* (C. Presl) C. Chr., caracterizado por presentar tricomas estrellados en la lámina. La especie a la que los taxones nuevos están más relacionados es *Hymenophyllum plumosum* Kaulf., por sus densos tricomas estrellados en venas y tejido laminar.

Materiales y métodos

Las nuevas especies son el resultado de estudios en la flora pteridofita de Costa Rica, con la comparación de especímenes con las especies registradas de Costa Rica y Colombia y después de la revisión de especies relacionadas y claves de los Neotrópicos como: Gómez & Arbeláez (2009), Moran & Riba (1995), Murillo et al. (2008), Mickel & Smith (2004), Tryon & Stolze (1989). Los especímenes colectados están depositados en: Herbario Nacional de Costa Rica (CR), herbario Universidad de Antioquia (HUA), herbario Medellín, Universidad Nacional de Colombia (MEDEL), Kew Botanical Garden (K), Missouri Botanical Garden (MO) y herbario de la Universidad de Costa Rica (USJ).

Resultados

Especies nuevas

Hymenophyllum densipilosum A. Rojas, sp. nov. (fig. 1)

TIPO: COSTA RICA. **Limón:** Talamanca, PN Talamanca, Cordillera de Talamanca, flanco NE y cumbre de Cerro Biricuacua, entre Ujarrás y San José Cabécar, 9°23'55"N, 83°10'10"W, 2600 m, 2 abr 1993, G. Herrera 6153 (Holotype; CR; Isotype: MO).

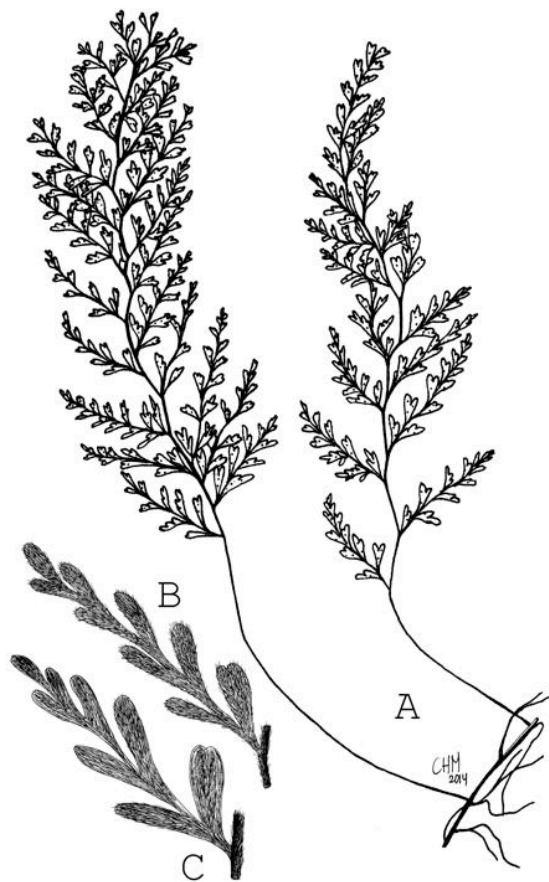


Figura 1. A-C. *Hymenophyllum densipilosum* (G. Herrera 6153, CR). **A.** Aspecto general del espécimen tipo. **B.** Detalle de la superficie adaxial de la lámina. **C.** Detalle de la superficie abaxial de la lámina. **Figure 1. A-C.** *Hymenophyllum densipilosum* (G. Herrera 6153, CR). **A.** General aspect of type specimen. **B.** Adaxial blade surface detail. **C.** Abaxial blade surface detail.

Diagnosis. *Hymenophyllum densipilosum* is similar to *H. plumosum* but differs in having 1-pinnate-bipinnatifid to 2-pinnate-pinnatisect relatively broader leaf, whitish to golden and appressed adaxial surface hairs and distributed at higher elevation.

Descripción. Epífitas; rizoma 0,4–0,7 mm de diámetro, largamente reptante, ferrugíneo, los tricomas 0,5–1,5 mm, dorados a pardo claro, simples, septados; frondas 20–45 cm de largo, distantes, péndulas; estípite 3–6 cm × 0,3–0,5 mm, terete, pardo oscuro a negruzco, no alado, peloso, los tricomas 0,3–0,8 mm, estrellados, septados, dorados a pardo claro, medianamente densos; lámina 23–62 × 4,5–8,0 cm, oblanceolada a linear-oblanceolada, 1-pinnado-bipinnatifida a 2-pinnado-pinnatifida, cartácea, tomentosa en las nervaduras, los márgenes y el tejido laminar, los tricomas 0,3–1,0 mm, principalmente estrellados, sésiles, blanquecinos a pardo claro, muy densos, más densos sobre las venas, base de la lámina cuneada, reducida, el ápice obtuso a redondeado; raquis pardo oscuro a negruzco, flexuoso, ferrugíneo por el indumento, no alado, tomentoso, glabro o con tricomas de 0,5–1,0 mm, estrellados, sésiles; pinnas 1,0–7,5 × 0,3–1,8 cm, lanceoladas a lanceolado-oblongas, 12–20 pares, pinnatisectas a 1-pinnado-pinnatifidas, espaciadas 0,7–2,0 cm en la base, ascendentes, equiláteras a inequiláteras, el ápice bifido, agudo a obtuso; pinnas basales ligeramente pedunculadas, pinnas medias y distales las más largas; últimos segmentos 1–4 × 1,0–1,5 mm, linear-oblongos, los márgenes aplanados, enteros, con tricomas estrellados, el ápice redondeado; nervaduras bifurcadas, no aladas o ligeramente así, 1–2 por vena, paralelas a las nervaduras, poco conspicuas; soros 3–15 por pinna, concentrados en la parte terminal de la lámina, 1–3 por segmento; involucreo 0,5–1,0 × 0,5–0,8 mm, inmerso sólo por la base, suborbicular, la base y el ápice redondeados, los márgenes enteros; receptáculo inserto.

Distribución. Solo conocida de la Cordillera de Talamanca en Costa Rica a 2435–3000 m.

Material adicional revisado. COSTA RICA.

Cartago: Cartago: Paraíso, Orosí, después de La Trinidad, km 68, Carretera Interamericana, por camino a la torre 23, 9°40'10"N, 83°52'10"W, 2570 m, 26 oct 2013, A. Rojas et al. 10519 (CR); Paraíso, Empalme, ca. 1 km S del cruce del Empalme, en potrero cerca de la carretera, 9°42'29"N, 83°56'57"W, 2435 m, 5 oct 2014, A. Rojas et al. 10708 (CR, K, MO, USJ). **Puntarenas:** Buenos Aires, Ujarrás, bosque aledaño al páramo, ladera Atlántica, Cerro Dúrika, 9°22'10"N, 83°17'45"W, 3000 m,

13 oct 1989, G. Herrera 3675 (CR). **San José:** road from Cartago to San Isidro del General (Pan American Hwy., Rte. 2), km 72–73, or 21–22 km SE of El Empalme, 2800 m, 30 Jan 1986, A. Smith & T. Béliz 2065 (CR, MO, UC).

Etimología. El nombre de esta especie hace referencia a su tejido laminar densamente peloso en ambas superficies.

Comentarios. *Hymenophyllum densipilosum* difiere de *H. plumosum* por lámina 1-pinnada-bipinnatifida a 2-pinnada-pinnatisecta (vs. 1-pinnada-pinnatifida), relativamente más ancha (4,5–8,0 cm vs. 2,8–5,5 cm), oblanceolada a linear-oblanceolada (vs. linear-lanceolada a linear), más densamente pelosa en ambas superficies (superficie no visible. vs. superficie poco visible), los pelos de haz blanquecinos a dorados (vs. ferrugíneos) y adpresos (vs. medianamente patentes), distribuida a mayor elevación (2435–

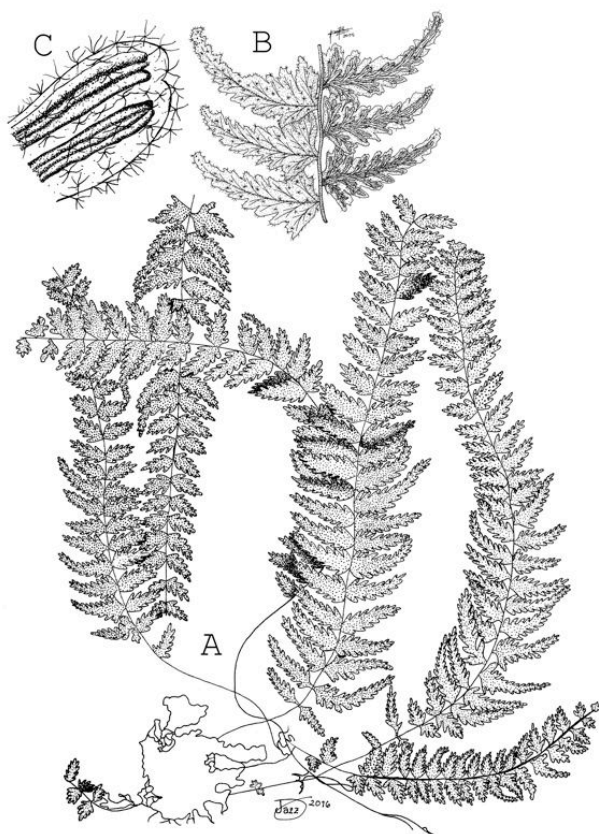


Figura 2. A-B. *Hymenophyllum hastatum* (J. Marrugo et al. 1061, HUA). **A.** Aspecto general del espécimen tipo. **B.** Detalle de la superficie adaxial de la lámina. **C.** Detalle de un segmento. **Figure 2. A-B.** *Hymenophyllum hastatum* (J. Marrugo et al. 1061, HUA). **A.** General aspect of type specimen. **B.** Adaxial blade surface detail. **C.** Segment detail.

3000 m vs. 1135-2400 (-2700) m) y geográficamente conocida sólo de la Cordillera de Talamanca (vs. ampliamente distribuida en cordilleras de Costa Rica, Panamá y Cordillera de los Andes). (fig. 1).

Hymenophyllum hastatum A. Rojas, *sp. nov.* (fig. 2)

TIPO: COLOMBIA. Antioquia: Municipio Betulia, Cerro San José, 6°15'N, 76°02'60"W, 2750 m, 26 mar 2004, J. Marrugo *et al.* 1061 (holotipo: HUA; Isotipo: MEDEL).

Diagnosis. *Hymenophyllum hastatum* is similar to *H. plumosum* but differs in having less densely hairy blade, equilateral and hastate pinnae with two high basal lobes and broader adaxial wings of the veins.

Descripción. Epífitas; rizoma 0,5–0,8 mm de diámetro, rastrero, ferrugíneo, los tricomas 0,3–0,8 (–1,2) mm, castaños, simples, cilíndricos; frondas 18–50 cm de largo, distantes, péndulas; estípites 3–7 cm × 0,5–0,8 mm, terete, ferrugíneo, no alado, peloso, los tricomas 0,5–1,5 mm, simples a estrellados, corta a largamente pedunculados, pardos, medianamente densos; lámina 15–43 × 3–8 cm, linear-lanceolada, 1-pinnado-pinnatifida, la base de la lámina cuneada, reducida, el ápice agudo a obtuso, herbácea, tomentosa en las nervaduras, los márgenes y el tejido laminar, los tricomas 0,7–1,5 mm, principalmente estrellados, pedunculados, algunos simples sobre las costas, ferrugíneo claro, medianamente densos; raquis pardo, ferrugíneo por el indumento, no alado, tomentoso, los tricomas 0,5–1,0 mm, estrellados, cortamente pedunculados, algunos simples; pinnas 20–45 pares, pinnatifidas, lanceoladas, densas, comúnmente falcadas o ascendentes, equiláteras, hastadas, con el primer par de lóbulos más desarrollados que el resto, el ápice agudo a largamente atenuado; pinnas basales 0,5–1,5 × 0,7–1,2 cm, apenas libres, pinnas medias 3,5–5,0 × 1,2–2,0 cm; nervaduras bifurcadas, dorsalmente aladas, las alas 0,5–0,8 mm de alto, 2 alas por vena, conspicuas, continuas; soros 5–12 en la mitad terminal de la lámina; involucro 0,7–1,0 × 0,5–0,8 mm, escasamente exerto los de la base de la lámina a casi completamente exerto los del ápice de la lámina, suborbicular, la base y el ápice redondeados, los márgenes enteros; receptáculo inserto.

Distribución. Conocida sólo del material tipo en Antioquia, Colombia, a 2750 m.

Etimología. El nombre de esta especie hace

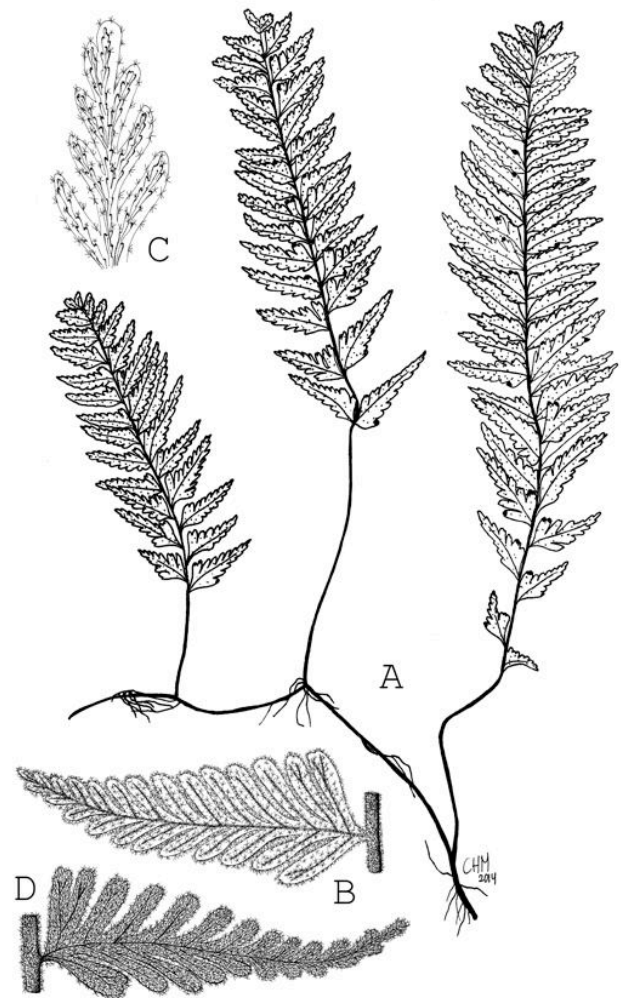


Figura 3. A-B. *Hymenophyllum multicristatum* (A. Rojas & S. Lobo 6093, CR). A. Aspecto general del espécimen tipo. B. Detalle de la superficie adaxial de la lámina. **Figure 3.** A- B. *Hymenophyllum multicristatum* (A. Rojas & S. Lobo 6093, CR). A. General aspect of type specimen. B. Adaxial blade surface detail.

referencia a sus pinnas hastadas con grandes lóbulos acroscópicos y basiscópicos.

Comentarios. *Hymenophyllum hastatum* se diferencia de *H. plumosum* por lámina menos densamente pelosa (mediana vs. densamente pelosa), pinnas equiláteras (vs. inequiláteras) y hastadas (con lóbulos agrandados basiscópico y acroscópico vs. excavada basalmente y con lóbulos basal acroscópico) y alas del lado dorsal de la lámina más anchas (0,5–0,8 mm ancho vs. 0,2–0,5 mm). También se asemeja a *H. horizontale* C.V. Morton por lámina medianamente pelosa en ambas superficies y haz de las venas con alas crestadas, pero difiere por estípites y raquis exalado (vs. alado), pinnas equiláteras (vs. inequiláteras) y

hastadas (vs. lanceoladas con el lado basiscópico excavado), alas dorsales enteras (vs. crestadas) y distribuida a mayor elevación (2750 m vs. 500-1400 m). (Figura 2).

Hymenophyllum multicristatum A. Rojas, sp. nov. (fig. 3)

TIPO: COSTA RICA. San José: Tarrazú, San Carlos, Cerro Cura, camino a San Marcos, 9°36'17"N, 84°06'39"W, 1730 m, 21 set 2004, A. Rojas & S. Lobo 6093 (holotype: CR; Isotypes: K?, MO?).

Diagnosis. *Hymenophyllum multicristatum* is similar to *H. plumosum* but it differs in having oblanceolate leaf, more markedly incised pinnae, less densely hairy adaxial blade surface and veins dorsally with (2-) 4-5 parallel wings and sectioned on ridges.

Descripción. Epífitas; rizoma 0,5–0,8 mm de diámetro, rastrero, ferrugíneo, los tricomas 0,2–0,8 (–1,5) mm, castaños, simples, cilíndricos; frondas 9–26 cm de largo, distantes, arqueadas a péndulas; estípites 1,5–4,0 cm × 0,5–0,8 mm, terete, ferrugíneo, no alado, peloso, los tricomas 0,5–2,0 mm, simples a estrellados, corta a largamente pedunculados, pardos, medianamente densos; lámina 7,5–22 × 2,5–5,0 cm, oblanceolada, 1-pinnado-pinnatisecta, la base de la lámina cuneada, reducida, el ápice obtuso a redondeado, herbácea, tomentosa en las nervaduras, los márgenes y el tejido laminar, más densamente pelosa en el envés, los tricomas 0,7–1,2 mm, principalmente estrellados, pedunculados, algunos simples sobre el raquis y las costas, ferrugíneo claro; raquis pardo oscuro a negruzco, ferrugíneo por el indumento, no alado, tomentoso, tricomas 0,7–1,2 mm, estrellados, cortamente pedunculados; pinnas (13–) 20–35 pares, pinnatisectas, lanceoladas, densas, ascendentes y a veces falcadas, inequiláteras, levemente excavadas basalmente y más anchas en la base del lado acroscópico, el ápice agudo a largamente atenuado; pinnas basales 0,5–1,5 × 0,3–0,6 cm, ligeramente pedunculadas, pinnas medias 1,5–3,5 × 0,6–1,0 cm; nervaduras bifurcadas, dorsalmente aladas, las alas 0,1–0,5 mm de alto, (2–) 4–5 alas por vena, conspicuas, crestadas irregularmente; soros 3–15 en la mitad terminal de la lámina; involucro 0,7–1 × 0,5–0,8 mm, inmerso completamente, suborbicular, la base y el ápice redondeados, los márgenes enteros; receptáculo inserto.

Distribución. Conocida solo de la vertiente pacífica de la Cordillera de Talamanca en Costa

Rica a 1680–1766 m.

Material adicional revisado. COSTA RICA. **Puntarenas:** Coto Brus, Parque Internacional La Amistad, Cordillera de Talamanca, Estación Pittier, frente al portón de la entrada del parque (potrero), 9°01'30"N, 82°57'40"W, 1680 m, 15 jun 1995, L. Angulo 365 (CR, INB); Buenos Aires, Parque Internacional La Amistad, cuenca Térraba-Sierpe, Estación Altamira, 9°02'21"N, 83°00'35"W, 1766 m, 1 jun 1996, J. Quesada 1628 (CR, INB, MO?).

Etimología. El nombre de esta especie hace referencia a sus varias crestas sobre las venas en la superficie adaxial.

Comentarios. *Hymenophyllum multicristatum* se distingue de *H. plumosum* porque presenta lámina oblanceolada (vs. linear-lanceolada a linear), pinnas más marcadamente incisivas (pinnatisectas (vs. pinnatifidas), haz de la lámina menos densamente peloso que el envés (vs. densamente peloso en ambas superficies) y venas dorsalmente con (2-) 4-5 alas paralelas (vs. 2) y seccionadas en crestas (vs. enteras). También se asemeja a *H. horizontale* por pinnas inequiláteras, lámina adaxialmente medianamente pelosa y haz de las venas con alas crestadas pero difiere por estípites y raquis exalado (vs. alado), lámina abaxialmente densamente pelosa (vs. medianamente pelosa), más alas dorsales ((2-) 4-5 vs. 2) y distribuidas a mayor elevación (1680–1766 m vs. 500-1400 m). (Figura 3).

Agradecimientos

Este proyecto ha sido gracias al apoyo de la Universidad Nacional (UNA) y del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Se agradece a los herbarios Museo Nacional de Costa Rica (CR) y herbario de la Universidad de Antioquia (HUA), por permitirme consultar sus colecciones. A Christian Herrera Martínez, Karen Bermúdez Barrantes y Jasmín Mejía Vargas, por sus excelentes ilustraciones. A los revisores anónimos que contribuyeron con su experiencia a mejorar este artículo.

Referencias

- Dubuisson, J.-Y. (1997). rbcL sequences: A promising tool for the molecular systematics of the fern genus *Trichomanes* (Hymenophyllaceae). *Molec. Phylogenet. Evol.* 8: 128–137.
- Ebihara, A., Hennequin, S., Iwatsuki, K., Bostock, P.D., Matsumoto, S., Jaman, R., Dubuisson, J.-Y. & Ito, M. (2004). Polyphyletic origin of *Microtrichomanes* (Prantl) Copel. (Hymenophyllaceae), with a revision of the species assigned to the genus. *Taxon* 53: 935–948.

- Ebihara, A., Dubuisson, J.-Y., Iwatsuki, K., Hennequin, S. & Ito, M. (2006). A Taxonomic revision of Hymenophyllaceae. *Blumea* 51: 221–280.
- Gómez, L.D. & Arbeláez, A.L. (2009). *Flora de Nicaragua*. Tomo IV: helechos. Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, USA. 348 p.
- Mickel, J.T. & Smith, A.R. (2004). The Pteridophytes of Mexico. *Mem. New York Bot. Gard.* 88: 1–1029.
- Moran, R.C. & Riba, R. (eds.) (1995). *Flora Mesoamericana*. Vol.1. Psilotaceae a Salviniaceae. Universidad Nacional Autónoma de México. 470 p.
- Murillo, M.T., Murillo, J., León, A. & Triana, L.A. (2008). *Los Pteridófitos de Colombia*. Arfo. Bogotá, DC. 533 p.
- Pryer, K.M., Smith, A.R., Hunt, J.S. & Dubuisson, J.-Y. (2001). rbcL data reveal two monophyletic groups of filmy ferns (Filicopsida: Hymenophyllaceae). *Amer. J. Bot.* 88: 1118–1130.
- Schuettpelz, E., Pryer, K.M. & Buckley, T. (2006). Reconciling extreme branch length differences: decoupling time and rate through the evolutionary history of filmy ferns. *Syst. Biol.* 55 (3): 485–502.
- Tryon, R.M. & Stolze, R.G. (1989). Pteridophyta of Peru: part 1. 1. Ophioglossaceae 12. Cyatheaceae. *Fieldiana Bot.* n.s., 20. 1–145.

Une Nouvelle station d'*Ophioglossum lusitanicum* L. en Oranie (Algérie Occidentale).

Boumediene Medjahdi ^{1*}, Assia Letreuch-Belrouci ¹ et Ibrahim Babali ²

¹Laboratoire de Gestion Conservatoire de l'eau, du Sol et des Forêts et Développement durable des zones montagneuses de la région de Tlemcen. Université de Tlemcen.

²Laboratoire d'écologie et gestion des écosystèmes naturels, département de biologie et environnement. Université de Tlemcen

Corresponding author

B. Medjahdi

e-mail: zoinif@yahoo.fr

Recibido: 23 octobre 2017

Aceptado: 2 novembre 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

New station of *Ophioglossum lusitanicum* L. in Oranie (Western of Algeria)

Mots clés: *Ophioglossum lusitanicum*, ptéridophytes, Région de Tlemcen, Ouest algérien

Key words: *Ophioglossum lusitanicum*, ptéridophyte, region of Tlemcen, the algerian West

Les ptéridophytes constituent le groupe le plus archaïque des végétaux supérieurs de la planète. C'est aussi un groupe largement moins diversifié que les spermatophytes. En Algérie ce groupe n'est représenté que par 58 taxons dont un endémique (Dobignard et Chatelain, 2010). La plus grande partie de ces taxons se trouvent inféodés aux formations forestières des régions centre et Est du nord du pays, alors qu'en Oranie ce nombre est très réduit à cause de la sécheresse et de la forte dégradation des milieux favorables à leur développement (Medjahdi et al., 2013). La plupart des taxons se trouvent ainsi dans un état alarmant de disparitions (Meddour, 2007). L'*Ophioglossum lusitanicum* L. n'échappe pas à cette réalité.

La famille d'*Ophioglossaceae* n'est représentée que par un seul genre en Algérie, le genre *Ophioglossum* L. Ce dernier comporte deux espèces, l'*O. vulgatum* L. qui est une espèce rarissime selon Quézel et Santa (1962) et l'*O. lusitanicum*. espèce aussi très localisée observée que dans quelques stations au nord du pays.

Chorologie d'*Ophioglossum lusitanicum*

Cette petite ptéridophyte de quelques centimètres de haut (2 à 7 cm) difficilement observable sur le terrain à cause de sa taille et son écologie, se trouve généralement mêlée à des plantes de plus grandes tailles (Medjahdi et al., 2013). Ce taxon de distribution méditerranéo-

macaronésien n'est présent en Afrique du nord qu'au Maroc, l'Algérie et la Tunisie. (Salvo & Escamez, 1989).

En Algérie l'*Ophioglossum lusitanicum* ne se trouve que dans 9 stations dont 5 au centre du pays et 3 en Oranie (Casas et Sánchez, 2002). Dans la région de Tlemcen une seule station a été observée jusqu'à nos jours (Santa, 1949) (tab. 1 et fig. 1).

Nous décrivons dans ce travail une nouvelle station d'*Ophioglossum lusitanicum* (fig. 2). Cette dernière est située dans la forêt d'Ifray à 10 km au

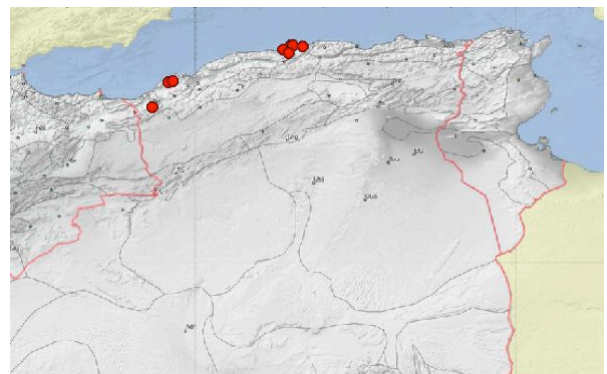


Figure 1: Représentation des stations d'*Ophioglossum lusitanicum* en Algérie. **Figure 1.** Representation of the stations of *Ophioglossum lusitanicum* in Algérie

Région	station	source
Alger	au sommet du rocher Charlemagne, forêt de Baïnem, près d'Alger. Terrains rocaillieux	Faurel s/n, 10-XI-1943 (MPU-A. Dubuis)
Alger	environs d'Alger: Bouzaréa. Pelouses	Durando s/n, 1861 (MPU-Afrique N)
Alger	forêt de Réghaïa. Clairières	A. Dubuis s/n, 04-XI-1934 (MPU-A. Dubuis)
Alger	la Réghaïa, 50 m. Clairières des forêts sablonneuses de <i>Quercus suber</i>	R. C. J. E. Maire s/n, 30-XII-1928 (MA 466248; MPU-Afrique N).
Blida	Bou-Ismaël	Clauson s/n, I/II (MPU-Afrique N).
Blida	Boufarik, hippodrome de Xila. Pelouses	Duvernay s/n, 26-III-1920 (MPU-Afrique N).
Oran	plateau du versant gauche du ravin de Noisieux aux abords du chemin forestière	Doumergue s/n, I-1919 (MPU-Afrique N).
Oran	Djebel Murdjadjo à Oran	G. Munby 68, III-1850 (MPU-Afrique N).
Tlemcen	supra urbem Tlemcen, 900-1000 m. In pascuis arenaceis et calvitiis silvarum <i>Quercus suberis</i>	R. C. J. E. Maire s/n, 19-III-1923 (MPU-Afrique N).

Tableau 1. Répartition de l'*Ophioglossum lusitanicum* en Algérie d'après Casas et Sánchez (2002). **Table 1.** Distribution of *Ophioglossum lusitanicum* in Algeria according to Casas et Sánchez (2002).



Figure 2: *Ophioglossum lusitanicum* L. forêt d'Ifray.
Figure 2. *Ophioglossum lusitanicum* L. Forest of Ifry

Nord-Est de la ville de Tlemcen. Tout comme la première (décrite dans la région de Tlemcen dans la forêt de Zarifet par Munby citée par Maire 1952), notre station se trouve dans une subéraie.

Nous avons trouvé l'espèce en question dans une pelouse sous un buisson de *Cistus monspeliensis* L. dans une clairière de la subéraie. La végétation présente sur 1 m² à côté de notre ptéridophyte est présentée par les espèces suivantes: *Isoetes durieui* Bory, *Gagea chabertii* A. Terracc., *Tuberaria inconspicua* (Pers.) Willk., *Trifolium campestre* Schreb., *Trifolium angustifolium* L., *Ornithopus compressus* L., *Bellis annua* subsp. *microcephala* (Lange) Nyman, *Ranunculus paludosus* Poir et *Rumex bucephalophorus* L. subsp. *bucephalophorus*. Cette pelouse est située au point GPS 34.916083, -1.202200, sur un sol sablonneux profond à 950 m d'altitude. La proximité d'un suinte permet au sol de garder une humidité suffisante pour le développement de cette plante une bonne partie de l'année. La population est composée d'une dizaine d'individus concentrés sur 10 m².

Références

Casas, F. J. & Sánchez, A. J. (edit.) (2002). Asientos para un atlas corológico de la flora occidental, 25

- Cavanillesia altera* 2, Madrid, 818 p
- Dobignard, A. & Chatelain, C. (2010). *Index synonymique flore d'Afrique du Nord. Volume 1 : Ptéridophyta, Gymnospermae et Monocotyledoneae*. Editions Des Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève. 455 p.
- Ferrero L.M., Medina, L., Baonza ,J. & Aedo, C. (2016). *Ophioglossum azoricum* C. Presl y *Elatine alsinastrum* L. en la comunidad de Madrid. *Acta Bot. Malacitana* 41. pp. 255-257
- Medjahdi, B., Letreuch-Belarouci, A., Preilly, R. (2013). Actualisation du catalogue des pteridophytes du Nord-ouest algerien (Region de Tlemcen). *Acta Bot. Malacitana*. 38, pp 33-39
- Meddour, R. (2007). *Taxinomie, chorologie et régression des ptéridophytes d'Algérie : synthèse bibliographique*. Articles Réseaux Télabotanica. p15
- Maire, R. (1952). *Flore de l'Afrique du Nord*. Volume 1. Ed. Le chevalier Paris. *d'Alger*. Paris. 146p
- Quèzel, P. & Santa, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. CNRS, Paris, Tome 1. 558 p.
- Salvo, A.E. & Escamez, A.M. (1989). Análisis biogeográfico y ecológico de la pteridoflora del Macizo del Gurugú (NE de Marruecos). *Anales Jard. Bot. Madrid* 46 (2) Madrid (España). pp.593-598.
- Santa, S. -1949 - Catalogue des plantes de l'Algérie occidentale et du Maroc oriental. *Extrait de B.S.G.A. de la Provence d'Oran*. T.72, Fascicule 226, 128p.

Sobre la presencia de *Botrychium lunaria* en la Comunidad Valenciana

Juan J. Herrero-Borgoñón^{1*}, Carlos Fabregat² & Jesús Riera²

¹Parques y Jardines Singulares y Escuela Municipal de Jardinería y Paisaje (Ayuntamiento de Valencia), C/ Antonio Suárez 7, 46021 Valencia. ²Jardí Botànic de la Universitat de València, C/ Quart 80, 46008 Valencia.

Correspondencia

J.J. Herrero-Borgoñón

e-mail: juan.j.herrero@uv.es

Recibido: 30 noviembre 2017

Aceptado: 18 diciembre 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

About the presence of Botrychium lunaria in the Valencian Community

Palabras clave: Pteridophyta, corología, Castellón, España.

Key words: Pteridophyta, chorology, Castellón, Spain.

Botrychium lunaria (L.) Sw. es un pequeño pteridófito, muy escaso en el área oriental ibérica, que en la Comunidad Valenciana únicamente había sido citado en dos localidades de la provincia de Castellón, en las que no se ha podido volver a encontrar desde la década de los años 80 del siglo pasado.

La primera referencia de esta especie en Castellón corresponde a Vigo (1981), que la indicó en las "laderas orientales del Penyagolosa", monte éste que representa la mayor altitud de la provincia. Vista la escasa concreción de la cita, se optó por consultar el pliego sobre el que se basa la misma, aunque, tras su consulta, se comprobó que no aportaba ningún dato sustancial que permitiese precisar más su localización, pues la etiqueta que le acompaña solo indica "L'Alcalatén - vessants de la Penyagolosa, 1.550 m, 21-6-1980, J. Vigo, R.M. Masalles, E. Velasco, X. Font, J.M. Ninot, BC 643772", donde el topónimo "L'Alcalatén" únicamente corresponde al nombre de la comarca en que se sitúa el área mencionada.

Afortunadamente, Josep Vigo nos proporcionó información adicional sobre el lugar en que recogió la especie, indicando que encontró apenas dos ejemplares "subiendo desde la Masia de les Mallades a la cima de Penyagolosa, siguiendo la cresta oriental de la montaña, hacia el Tossal de Fraga, en un lugar más bien pedregoso, aparentemente no muy adecuado para esta especie" (com. pers.).

Sobre la base de esta información, se puede estimar que la localidad en cuestión se situaría en la cuadrícula UTM 30TYK2656, en el término

municipal de Chodos. A pesar de disponer de estas indicaciones, y de visitar repetidamente el área señalada por J. Vigo, no se han podido encontrar nuevos ejemplares hasta ahora, ni en ésta ni en otras zonas favorables del macizo de Penyagolosa, por lo que el pliego recogido originalmente sigue siendo el único testimonio de la presencia de la especie en el mismo.

La otra localidad en la que se ha citado *B. lunaria* corresponde al Puerto de las Cabrillas, puerto de montaña que se localiza entre Portell de Morella (Castellón) y La Iglesuela del Cid (Teruel), situación que ha propiciado el que la población allí encontrada haya sido asignada tanto a una como a otra provincia, dando lugar a algunos errores corológicos.

Basándose en el pliego que documenta su descubrimiento ("Castellón: Puerto de Cabrillas, pr. Portell de Morella, YK2988, 1.280 m, 25-VI-1988, G. Mateo, VAL 59196"), y en otra recolección posterior ("Castellón: Portell de Morella, Puerto de las Cabrillas, YK28, 1.300 m, 28-V-1989, A. Aguilera, VAL 168596"), dicha población fue incluida en varias síntesis corológicas de la flora valenciana (Bolòs & Romo, 1991; Serra et al., 2000). Por otro lado, también fue incluida en el catálogo florístico de la provincia de Teruel al ser citada en La Iglesuela del Cid, en el sector turolense del puerto (Mateo, 1990; López Udias, 2000).

El motivo de esta paradoja parece deberse a que la población, descubierta en la parte superior del puerto, se localiza precisamente en el límite entre las provincias de Castellón y Teruel, en

un punto en el que una incorrecta señalización de los límites provinciales en la carretera que lo atraviesa favorece la confusión, más que al hecho de que la cuadrícula UTM que aparece en el pliego VAL 59196 no coincidiese con la situación real de la población. Hechas las comprobaciones pertinentes, se pudo verificar que la población en cuestión se situaría en Teruel.

No obstante, conviene indicar que los escasos ejemplares que se localizaron allí se desarrollaban en la cuneta de la mencionada carretera, que, con posterioridad, ha sido ensanchada, lo que plantea dudas acerca de su actual permanencia, más teniendo en cuenta que, desde la recolección de 1989, esta población no ha podido ser encontrada de nuevo.

A pesar de que estos datos descartaban la presencia de la especie en esta zona del noroeste de Castellón, en 2015 se descubrió una nueva población de *B. lunaria* en el mismo término de Portell de Morella, aunque en un punto distante varios kilómetros de la localidad del Puerto de las Cabrillas ("Castellón: Portell de Morella, Barranc del Grevolar, YK3194, 1.075 m, 5-V-2015, J. Riera, VAL 226836"). En dicho enclave se localizaron once ejemplares creciendo en los taludes umbrosos del barranco, en el seno de un pinar de *Pinus nigra* Arn. subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco, sobre suelos pedregosos calcáreos y entre tapices de *Festuca gautieri* (Hack.) K. Richt. Por tanto en la presente nota se confirma la presencia actual de *B. lunaria* en la Comunidad Valenciana, y constituye

la única localidad con referencias concretas hasta la fecha en dicho territorio.

Agradecimientos

A los Drs. Josep Vigo, Eulalia Velasco, Gonzalo Mateo y Ana M. Ibars, que nos facilitaron valiosa información, los dos primeros sobre la población de Penyagolosa, y los dos últimos sobre la población del Puerto de las Cabrillas. Al Servicio de Vida Silvestre de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural (Generalitat Valenciana) que financió el trabajo "Situación de *Botrychium lunaria* en la Comunidad Valenciana", realizado por el primero de los autores, del que procede parte de la información aquí recogida.

Referencias

- Bolòs, O. De & Romo, A. M., Eds. (1991). *Atlas corològic de la flora vascular dels Països Catalans*, vol. 2. ORCA. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona.
- López Udías, S. (2000). *Estudio corològic de la flora de la provincia de Teruel*. Tesis Doctoral. Universitat de València.
- Mateo, G. (1990). *Catálogo florístico de la provincia de Teruel*. Instituto de Estudios Turolenses. Teruel.
- Serra, L., Fabregat, C., Herrero-Borgoñón, J. J. & López Udías, S. (2000). *Distribución de la flora vascular endémica, rara o amenazada en la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana. Valencia.
- Vigo, J. (1981). Noves dades per a la flora de Penyagolosa. *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.* 46 (Sec. Bot. 4), 101-106.

Note sur une nouvelle station d'*Asplenium sagittatum* (DC.) Bange dans la région de Tlemcen (Algérie occidentale)

Brahim Babali¹, Boumediene Medjahdi² & Mohammed Bouazza¹

¹Laboratoire d'écologie et gestion des écosystèmes naturels, département d'Ecologie et environnement. Université de Tlemcen

²Laboratoire de Gestion Conservatoire de l'eau, du Sol et des Forêts et Développement durable des zones montagneuses de la région de Tlemcen. Université de Tlemcen.

Correspondencia

B. Babali

e-mail: miharb_babali@hotmail.fr

Recibido: 13 noviembre 2017

Aceptado: 19 diciembre 2017

Publicado on-line: diciembre 2017

Note on a new station of Asplenium sagittatum (DC.) Bange Bange in Tlemcen's area (Western Algeria).

Mots clés: Aspleniaceae, *Asplenium sagittatum*, répartition, espèce rare, Tlemcen.

Key words: Aspleniaceae, *Asplenium sagittatum*, distribution, rare species, Tlemcen.

Les ptéridophytes sont les seuls cryptogames vasculaires, groupe intermédiaire entre les phanérogames et les autres plantes inférieures (Prelli, 2001). Le nombre de taxons de Ptéridophytes acceptés en Afrique du Nord est de 114 ; dont 58 taxons sont présents en Algérie (Dobignard et Chatelain, 2010) sur les 58 taxons, 26 ont été signalés dans la région de Tlemcen. (Medjahdi et al., 2013)

Dans ce travail nous avons découvert une nouvelle station d'*Asplenium sagittatum*. Cette espèce de distribution circumméditerranéenne est assez rare en Algérie. Il a été cité par plusieurs auteurs (Munby 1858 ; Battandier et Trabut 1902, Maire 1952, Quézel et Santa 1962, Medjahdi et al., 2013,) dans le centre et l'Ouest de l'Algérie dans les secteurs biogéographiques suivantes : Kabylie (KI-2-3), Algérois (Al), Oranie (O3) : Ghar-Rouban.

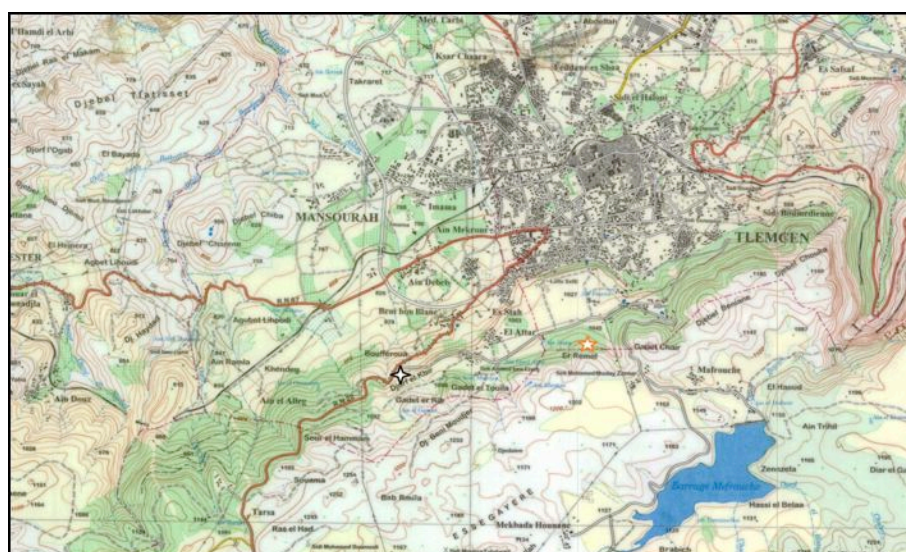


Figure 1. Stations nouvelles d'*Asplenium segetatum* dans la région de Tlemcen. (Etoile rouge à 5 branches : station de Doumergue 1872 ; Etoile noir à 4 branches : notre observation 2016)



Figure 2. *Asplenium segetatum*(DC.) Bange. (À gauche vue générale ; au milieu face supérieur ; à droite face inférieure de la fronde)

Même si l'espèce est présente dans plusieurs stations du centre et l'Est dans les régions plus ou moins humides. En Oranie cette ptéridophyte n'est présente que dans la région de Tlemcen.

Dans cette région, l'*Asplenium sagittatum* a été signalé par Pomel (1874) dans les rochers humides ombragés à Ghar-Rouban. Une autre observation de Doumergue (in Santa, 1949) a été faite dans l'excavation au pied du Dj. Attar (1872 date proposée !), cette dernière station n'a pas été retrouvée donc n'a pas été citée par Maire (1952) ni Quézel et Santa (1962).

Nos prospections nous ont permis, non seulement de redécouvrir l'ancienne station, mais

également d'en découvrir une nouvelle station d'*Asplenium sagittatum*. En effet, l'ancienne station de Doumergue est située dans la forêt de Petit Perdreaux à 1100 m altitude, sur la route du siège du Parc National de Tlemcen à quelque mètre du rond-point de cette route (au point GPS 34.860066, -1.320138). L'*Asplenium sagittatum* est fixé sur les roches calcaires dans la lisière de la forêt de *Pinus halepensis* Mill.

La nouvelle est située à 3 km à l'Ouest de la première sur la route de Tlemcen-Terni (lieu-dit col de Zariffet) au Nord-Ouest de la ville de Tlemcen au point GPS 34.852406, -1.348344 à 1030 m (fig. 1).

Nous avons trouvé 1 seul individu en bonne santé le 11 avril 2016 sur des roches calcaires humides. L'espèce s'associe avec une végétation plus ou moins denses : *Asplenium ceterach* L., *Aristolochia baetica* L., *Aristolochia paucinervis* Pomel, *Poa bulbosa* L., *Lysimachia linum-stellatum* L., *Hyoseris radiata* L., *Geranium atlanticum* Boiss., *Rupicapnos africana* subsp. *oranensis* (Pugsley) Maire, *Catananche caerulea* var. *Tlemcenensis* Faure....

Références

- Battandier et Trabut (1902). Flore analytique et synoptique de l'Algérie et de la Tunisie. 460P
- Dobignard, A. & Chatelain, C. (2010). *Index synonymique flore d'Afrique du Nord. Volume 1 : Ptéridophyta, Gymnospermae et Monocotyledoneae*. Editions Des Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève. 455 p.
- Maire, R. (1952). *Flore de l'Afrique du Nord. Volume 1*. Ed. Le chevalier Paris.
- Medjahdi, B., Letreuch-Belarouci, A., Preilly, R. (2013)- Actualisation du catalogue des ptéridophytes du Nord-ouest algérien (Région de Tlemcen). *Acta Bot. Malacitana*, 38, 33-39
- Preilly, R. (2001). Les fougères et plantes alliées de France et d'Europe occidentale
- Quézel, P. & Santa, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. CNRS, Paris, Tome 1. 558 p.
- Santa, S. -1949 - Catalogue des plantes de l'Algérie occidentale et du Maroc oriental. *Extrait de B.S.G.A. de la Provence d'Oran*. T.72, Fascicule 226, 128p.

Nuevos táxones descritos en este volumen

- Cyathea x robusta* A. Rojas
Elaphoglossum x intermedium A. Rojas
Elaphoglossum dragonense A. Rojas,
Elaphoglossum flavosquamum A. Rojas
Elaphoglossum pacificum A. Rojas
Elaphoglossum pallidisquamum A. Rojas & P. Muñoz
Hymenophyllum densipilosum A. Rojas
Hymenophyllum multicristatum A. Rojas
Hymenophyllum hastatum A. Rojas
Jamesonia erecta A. Rojas
Jamesonia panamensis A. Rojas
Jamesonia retroflexa A. Rojas
Lindsaea falcatosoria A. Rojas
Lindsaea nana A. Rojas
Lindsaea trapezoidalis A. Rojas
Moranopteris steyermarkii A. Rojas
Nephrolepis cocosensis A. Rojas
Phlegmariurus gracilis A. Rojas
Phlegmariurus nanus A. Rojas & R. Calderón
Pteris arbelaeziana A. Rojas
Pteris caridadiae Testo & J. E. Watkins
Radiovittaria andina A. Rojas
Radiovittaria salvo-tierrana A. Rojas
Tectaria x epilithica A. Rojas
Tryonia macrophylla A. Rojas

Nuevas combinaciones

- Jamesonia galeana* (A.F. Tryon) A. Rojas
Jamesonia glandulifera (Hieron.) A. Rojas
Jamesonia refracta (Kunze ex Klotzsch) A. Rojas
Jamesonia retrofracta (Grev. & Hook.) A. Rojas
Lindsaea elatior (Kunze) A. Rojas
Lindsaea jamesoniiformis (Kramer) A. Rojas
Lindsaea submontana (Boudrie & Cremers) A. Rojas
Lindsaea terminalis (Kramer) A. Rojas
Moranopteris andina (Hook.) A. Rojas
Moranopteris setulosa (Rosenst.) A. Rojas
Radiovittaria karsteniana (Mett.) A. Rojas

Nuevas citas relevantes en este volumen

- Asplenium rutaceum* (Willd.) Mett (Honduras)
Asplenium sagittatum (DC.) Bange (Tlemcen, Algerie)
Botrychium lunaria (L.) Sw (Comunidad Valenciana, España)
Dryopteris ' fraser-jenkinsii Gibby & Widén (Galicia, España)
Hymenophyllum consanguineum C.V. Morton (Honduras)
Hymenophyllum maxonii Christ ex C.V. Morton (Honduras)
Jamesonia rufescens (Fée) Christenh. (Costa Rica)
Ophioglossum lusitanicum L. (Tlemcen, Algerie)
Polypodium puberulum Schldl. & Cham. (Honduras)
Vittaria costaricensis Lellinger (Honduras)

Acta Botanica Malacitana

Volumen 42, Núm. 1 (2017)

Índice

Lavilla, M., Seral, A., Murciano, A., Molino, S. de la Fuente, P. & Gabriel y Galán, J. M. Stomatal traits in Iberian populations of <i>Osmunda regalis</i> (Osmundaceae, Polypodiopsida) and its relationship with bioclimatic variables	5
Rojas-Alvarado, A.F. Novedades en <i>Radiovittaria</i> (Benedict) E.H. Crane (Pteridaceae) para el Neotrópico. <i>Novelties in Radiovittaria (Benedict) E.H. Crane (Pteridaceae) from the Neotropics</i>	15
Murillo-A., J. & Murillo-P., M.T. † Diversidad de los helechos y licófitos de Colombia. <i>Diversity of ferns and lycophytes of Colombia</i>	23
Rojas-Alvarado, A.F. El complejo <i>Jamesonia flexuosa</i> (Kunth) Christenh. (Pteridaceae) para el Neotrópico. <i>The Jamesonia flexuosa (Kunth) Christenh. complex (Pteridaceae) from the neotropics</i>	33
Tejedor, A. Diversity and endemism of tree ferns (Cyatheaceae: Polypodiopsida) in the Central Andes along latitudinal and elevation gradients. <i>Diversidad y endemismo de los helechos arborescentes (Cyatheaceae: Polypodiopsida) en los Andes Centrales a lo largo de gradientes de latitud y elevación</i>	41
Rojas-Alvarado, A.F. & Muñoz-Cambronero, P.E. A new species of <i>Elaphoglossum</i> Schott ex J. Sm. (Dryopteridaceae) from Costa Rica. <i>Una especie nueva de Elaphoglossum Schott ex J. Sm. Dryopteridaceae) para Costa Rica</i>	49
Fennane, M. & Ibn Tattou, M. Les Pteridophytes du Maroc: richesse, diversité et état de conservation. <i>Los pteridófitos de Marruecos: riqueza, diversidad y estado de conservación</i>	53
Rojas-Alvarado, A.F. y Calderón-Fallas, R.R. Dos especies nuevas de <i>Phlegmariurus</i> Holub (Lycopodiaceae) para Costa Rica. <i>Two new species of Phlegmariurus Holub (Lycopodiaceae) from costa rica</i>	67
Martínez, O.G. & Hernández, M.A. Fase gametofítica de las tres variedades de <i>Argyrochosma nivea</i> (Pteridaceae). <i>Gametophytic phase of the three varieties of Argyrochosma nivea (Pteridaceae)</i>	71
Rojas-Alvarado, A.F. Novelties in <i>Lindsaea</i> Dryand. ex Sm. (Lindsaeaceae) from South America. <i>Novedades en Lindsaea Dryand. ex Sm. (Lindsaeaceae) para Suramérica</i>	79
González-Martínez, X.I. & Boullón Agrelo, C. <i>Dryopteris x fraser-jenkinsii</i> Gibby & Widén en Galicia y nuevas localidades de <i>Cystopteris diaphana</i> (Bory) Blasdell para la provincia de A Coruña (NW de la península ibérica). <i>Dryopteris x fraser-jenkinsii Gibby & Widén en Galicia and new localities of Cystopteris diaphana (Bory) Blasdell in A Coruña province (NW Iberian Peninsula)</i>	85
Rojas-Alvarado, A.F. A new species and three hybrids in the ferns from Cocos Island, Puntarenas, Costa Rica. <i>Una nueva especie y tres híbridos en helechos para la Isla del Coco, Puntarenas, Costa Rica</i>	91
Seral, A., Murciano, A., Molino, S., de la Fuente, P. & Gabriel y Galán, J.M. Funcional ecology of fronds in Iberian saxicolous ferns. <i>Ecología funcional de las frondas de helechos rupícolas en la Península Ibérica</i>	101
Rojas-Alvarado, A.F. Novedades en <i>Jamesonia</i> Hook. & Grev. y <i>Tryonia</i> Schuettp., J. Prado & A.T. Cochran (Pteridaceae) para el Neotrópico. <i>Novelties in Jamesonia Hook. & Grev. and Tryonia Schuettp., J. Prado & A.T. Cochran (Pteridaceae) from the Neotropics</i>	111
Longtine, C. & Tejedor, A. Antimicrobial activity of ethanolic and aqueous extracts of medicinally used tree ferns <i>Alsophila cuspidata</i> and <i>Cyathea microdonta</i> . <i>Actividad antimicrobiana de extractos en etanol y agua de los helechos arborescentes usados medicinalmente Alsophila cuspidata y Cyathea microdonta</i>	119
Rojas-Alvarado, A.F. & Baaijen-Harteveld, W. Three new species of <i>Elaphoglossum</i> Schott ex J. Sm. (Dryopteridaceae) from the Pacific of Costa Rica. <i>Tres especies nuevas de Elaphoglossum Schott ex J. Sm. (Dryopteridaceae) para el pacífico de Costa Rica</i>	125
Hernández-Cibrián, K., Rojas-Alvarado, A. y Moreno, R. Nuevos registros de helechos (Pteridophyta) para Honduras, Parque Nacional La Tigra y Reserva Biológica Misoco. <i>New records of ferns (Pteridophyta) from Honduras, La Tigra National Park, and Misoco Biological Reserve</i>	131
Schilling, O. & Tejedor, A. Tree ferns dominate secondary succession in abandoned pineapple plantations around Manu National Park, Peru. <i>Los helechos arborescentes dominan la sucesión secundaria en plantaciones de piña abandonadas alrededor del Parque Nacional del Manu, Perú</i>	141
Rojas-Alvarado, A.F. Novedades en <i>Moranopteris</i> R.Y. Hirai & J. Prado (Polypodiaceae) para el Neotrópico. <i>Novelties in Moranopteris R.Y. Hirai & J. Prado (Polypodiaceae) from the Neotropics</i>	149
Hernández-Cibrián, R.K. & Urbano López De Meneses, B. Valoración Económica de los Helechos Silvestres del Parque Nacional La Tigra, Honduras, C.A. <i>Economic Assessment of the Wild Ferns of La Tigra National Park, Honduras, C.A.</i>	155
Rojas-Alvarado, A.F. Novedades en <i>Pteris</i> L. (Pteridaceae) para Costa Rica. <i>Novelties in Pteris L. (Pteridaceae) from Costa Rica</i>	165
Rojas-Alvarado, A.F. Tres especies nuevas de <i>Hymenophyllum</i> Sm. (Hymenophyllaceae, Pteridophyta) para Costa Rica y Colombia. <i>Three new species of Hymenophyllum Sm. (Hymenophyllaceae, Pteridophyta) from Costa Rica and Colombia</i>	171
Notas Cortas	177