

# Diversidad y análisis panbiogeográfico de las *licofitas* (*Embryopsida: Lycopodiidae*) del Parque Nacional Calilegua, Jujuy, Argentina

Marcelo Daniel Arana<sup>1</sup>, Juan J. Morrone<sup>2</sup>, María Alejandra Ganem<sup>3</sup>,  
María Lujan Luna<sup>4</sup>, Juan Pablo Ramos Giacosa<sup>5</sup> & Gabriela E. Giudice<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Departamento de Ciencias Naturales, Ruta 36 km 601, X5804ZAB Río Cuarto, Córdoba, Argentina. marana@exa.unrc.edu.ar.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Ciencias, Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Departamento de Biología Evolutiva. Apdo. postal 70-399, 04510 México, D.F., México.

<sup>3</sup> Facultad Ciencias Agrarias, (UNJu), Botánica General, Alberdi 47, 4600, San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina.

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP), Cátedra Morfología Vegetal. CIC-BA. Paseo del Bosque s/n, 1900, La Plata, Argentina.

<sup>5</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Cátedra Morfología Vegetal.

<sup>6</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP), Cátedra Morfología Vegetal. Paseo del Bosque s/n, 1900, La Plata, Argentina.

Recebido em 14. III. 2012. Aceito em 10. XII. 2012.

**RESUMO** – Os táxons de *licofitas* que ocorrem no Parque Nacional Calilegua foram registrados e suas relações biogeográficas estabelecidas empregando análise panbiogeográfica. Nove espécies classificadas em duas famílias (*Lycopodiaceae* e *Selaginellaceae*) foram registradas. Os gêneros mais diversos foram *Phlegmariurus* e *Selaginella*. Os trajetos indicam que esta zona é parte do componente biótico Neotropical, que finaliza nas colinas centrais da Argentina. O trajeto generalizado na borda da zona de transição sul-americana que representa uma barreira exitosa para as licofitas, separa as regiões Andinas e Neotropicais. Além disso, a região do Parque Nacional de Calilegua está relacionada à sub-região Paranaense, excedendo a barreira árida da sub-região Chaqueña, padrão que se encontra sustentado por outros táxons.

**Palavras-chave:** Yungas, *Lycopodiaceae*, *Selaginellaceae*, biogeografia, diversidade

**ABSTRACT** – **Diversity and panbiogeographic analysis of Lycophytes (*Embryopsida: Lycopodiidae*) from Calilegua National Park, Jujuy, Argentina.** The lycophyte taxa of the Parque Nacional Calilegua are reported and their biogeographical relationships are established employing a panbiogeographic analysis. Nine species classified in two families (*Lycopodiaceae* and *Selaginellaceae*) are registered. The most diverse genera are *Phlegmariurus* and *Selaginella*. The individual tracks and the generalized track indicate that this zone is part of the Neotropical biotic component, which ends at the central hills of Argentina. The generalized track borders the South American Transition Zone that represents a successful barrier for lycophytes and also separates the Andean and Neotropical regions. Furthermore, the region of the Parque Nacional Calilegua is closely related to the Parana subregion, overcoming the arid barrier represented by the Chacoan subregion, a pattern that is supported by other taxa.

**Key words:** Yungas, *Lycopodiaceae*, *Selaginellaceae*, biogeography, diversity

## INTRODUCCIÓN

Las licofitas constituyen un grupo de plantas vasculares representantes de la flora terrestre primitiva, y considerable evidencia morfológica y molecular demuestra que surgieron como producto de un evento Cladogenético temprano en la evolución de las plantas vasculares (Gensel & Berry, 2001). Varios

análisis filogenéticos han establecido que son el grupo hermano de todas las demás plantas vasculares y que se originaron durante el Silúrico tardío-Devónico temprano (Kenrick & Crane, 1997; Gensel & Berry, 2001). En la actualidad se conocen unas 1.200 especies, asignadas a las familias *Lycopodiaceae*, *Isöetaceae* y *Selaginellaceae*, las que habrían divergido en el Paleozoico (Kenrick & Crane 1997;

Pryer *et al.*, 2004). La antigüedad de estas plantas, su monofilia y estabilidad morfológica las hace especialmente adecuadas para establecer patrones biogeográficos de las áreas en donde se encuentran (Ponce *et al.*, 2002; Moran, 2008; Arana *et al.*, 2011).

América del Sur se divide en las regiones Neotropical y Andina y la Zona de Transición Sudamericana. Dentro de la región Neotropical se encuentra la subregión Amazónica, que se extiende por la mayor parte del Brasil y las Guayanas, parte de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Paraguay y la Argentina (Morrone, 2000a, 2006). Dentro de la subregión Amazónica se encuentra la provincia de las Yungas, que comprende las laderas orientales de los Andes, entre los 300 y 3500 m de altitud, desde el norte de Perú hasta el noroeste de la Argentina (Morrone, 2000a, 2006). En el Parque Nacional Calilegua, creado en 1979 para proteger distintos ambientes de las Yungas, los estudios florísticos comprenden en general listas de especies en Informes de la Administración de Parques Nacionales (Morrone *et al.*, 1999; Perovic *et al.*, 2000) y en menor medida relevamientos de la vegetación (Rotman *et al.* 2007, 2008 a, b). Asimismo, existen varios informes internos de la Administración de Parques Nacionales que se hallan inéditos. Hasta el momento se han realizado relevamientos parciales de las licofitas y helechos del Parque Nacional Calilegua (Giudice *et al.*, 2009, Ganem *et al.*, 2010), sin contar con una evaluación de sus relaciones biogeográficas. Cabe destacar que las condiciones ambientales de esta zona, conocida regionalmente como selva tucumano-boliviana, resultan óptimas para el desarrollo de una rica flora de licofitas y helechos, siendo ésta una de las áreas de mayor biodiversidad de la Argentina (Ponce *et al.*, 2002; Malizia *et al.*, 2012).

Nuestros objetivos son dar a conocer la diversidad de licofitas que habitan el Parque Nacional Calilegua, analizar su distribución y establecer sus afinidades bióticas, mediante un análisis panbiogeográfico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El Parque Nacional Calilegua se ubica en la provincia de Jujuy, Argentina, y cuenta con 76.306 has. Su finalidad es proteger un área de selva nublada perteneciente a la provincia biogeográfica de las Yungas, que poseen una importancia fundamental para la región por su gran diversidad biológica y por ubicarse como cabecera de cuenca de importantes

ríos como el Bermejo, con su consecuente papel en la captación de aguas y regulación de regímenes hídricos. Las Yungas fueron incluidas por la United Nations Education Science and Culture Organization (UNESCO) dentro de las Reservas de la Biosfera del mundo. Uno de los objetivos de este sistema de protección es lograr un uso sustentable de los recursos existentes en ellas, para lo cual se prevé una zonificación del área según el estado de conservación y de uso requerido, logrando así zonas de protección total y zonas de uso sustentable. Las Yungas se hallan amenazadas principalmente por la transformación del bosque a otros usos de la tierra, principalmente en áreas bajas planas y de suelos profundos, los ranchos ganaderos, el sobrepastoreo, el aprovechamiento no sustentable de productos forestales madereros, la construcción de carreteras y la expansión urbana (Brown, 1995; Malizia *et al.*, 2012).

### Métodos

Para establecer la composición de especies de licofitas del área en estudio y su distribución, se realizaron diferentes viajes de campaña desde el año 2005 al 2011. El material coleccionado fue identificado y se encuentra depositado en los herbarios JUA, LP y RCV. También se reunió la información proveniente de los antecedentes bibliográficos (de la Sota, 1977; Tryon & Tryon, 1982; Øllgaard & Windisch, 1987; Øllgaard, 1992, 1994; Martínez, 1996; Ponce, 1996; Ponce *et al.*, 2002; Roller *et al.*, 2010) y de la revisión de material proveniente del área bajo estudio y depositado en los siguientes herbarios (Thiers, 2012): JUA, MCNS, LIL, LP, RCV y SI. Además se consultaron las bases de datos TROPICOS del Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org>), IRIS del Instituto de Botánica Darwinion (<http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp>) y GBIF de la Global Biodiversity Information Facility (<http://www.gbif.org>), todas ellas disponibles en Internet.

Las especies se clasificaron de acuerdo a la actual delimitación de los géneros de licofitas (Wagner & Beitel, 1992, 1993; Øllgaard, 2012 a, b) y se elaboraron claves para identificar las familias, géneros y especies presentes. Para cada taxón estudiado, se proporciona la diagnosis, distribución geográfica y los datos del hábitat observados en el área de estudio. En cuanto a la nomenclatura, sólo se mencionan los basónimos y sinónimos más relevantes; para la lista completa de sinónimos pueden consultarse los catálogos de Ponce (1996) y Roller (2008).

El análisis de las relaciones geográficas se basó en el enfoque de la panbiogeografía, que define un único sistema geobiótico que evoluciona en el tiempo, en donde la diversidad biológica es un fenómeno espacio-temporal. Esto permite reconocer biotas ancestrales y establecer si las mismas poseen orígenes complejos, ya que los cambios tectónicos inducen cambios bióticos y los patrones de distribución actuales son informativos acerca de la evolución biótica. El análisis panbiogeográfico se llevó a cabo graficando a mano los trazos individuales de las nueve especies de licofitas que habitan el Parque Nacional Calilegua y superponiéndolos gráficamente para obtener trazos generalizados. Un trazo individual es la unidad básica de un estudio panbiogeográfico, constituyendo las coordenadas primarias de un taxón en el espacio, y consiste en una línea que conecta las localidades donde se distribuye una especie o taxón supraespecífico, de modo que la suma de los segmentos que conectan las localidades sea la menor posible (criterio de distancia mínima). Desde el punto de vista topológico, un trazo individual es un árbol de tendido mínimo, que para  $n$  localidades contiene  $n-1$  conexiones (Craw, 1988; Morrone, 2004). Los trazos generalizados o estándar resultan de la superposición de trazos individuales que conectan áreas de distribución, representan patrones de distribución de biotas ancestrales, las cuales fueron fragmentadas por eventos geológicos o tectónicos (Craw *et al.* 1999). Son la expresión geográfica de componentes bióticos (Morrone, 2009) y reflejan la existencia de biotas ancestrales. La convergencia de dos o más trazos generalizados en un área determinada conforma un nodo, que representa un centro de convergencia geobiótica.

## RESULTADOS

### Tratamiento taxonómico

Se documentó la presencia de nueve taxones de licofitas, que se presentan de acuerdo con el sistema de clasificación de Chase & Reveal (2009) y Christenhusz *et al.* (2011). En este sistema, las licofitas constituyen una entidad monofilética que conforman la subclase *Lycopodiidae*, que presenta las sinapomorfías de la diferenciación exarca del xilema, licofilos uninervios con traza foliar exclusivamente xilemática y eusporangios adaxiales (Kenrick & Crane 1997; Judd *et al.*, 2008). Esta subclase está incluida en la clase *Embryopsida*, que abarca la totalidad de las “embriofitas” o “plantas terrestres”

(Pirani & Prado, 2012), ubicada dentro de la división *Charophyta* (Lewis & Mc Court, 2004; Arana & Bianco, 2011; Arana 2012).

### Clave para identificar las familias y los géneros de licofitas

1. Licofilos sin lígula; plantas isospóreas, parte radical sin rizóforos..... *Lycopodiaceae*
2. Plantas con tallos isodicotómicos, sin ejes principales rastreros elongados; esporofilos fotosintéticos, persistentes luego de la dehiscencia del esporangio, ubicados en la parte apical del tallo..... *Phlegmariurus*
- 2'. Plantas con tallos anisodicotómicos, los principales rastreros y ejes secundarios laterales erectos; esporofilos diferenciados, caedizos luego de la dehiscencia del esporangio, reunidos en estróbilos.
3. Ejes erectos laterales con simetría dorsiventral, aplanados, trofofilos anisófilos..... *Diphasiastrum*
- 3'. Ejes erectos laterales con simetría radial, redondeados, trofofilos uniformes, dispuestos helicoidalmente..... *Lycopodium*
- 1'. Licofilos con lígula; plantas heterospóreas; parte radical con rizóforos..... *Selaginellaceae* (*Selaginella*)

*Lycopodiaceae* P. Beauv. ex Mirb.

*Diphasiastrum* Holub, Preslia 47(2):104. 1975. *Lycopodium* sect. *Complanata* Victorin, Contr. Lab. Bot. Univ. Montreal 3:34, 89. 1925. Especie tipo: *D. complanatum* (L.) Holub (*Lycopodium complanatum* L.).

**Descripción:** Wagner & Beitel, 1992, 1993.

La principal autapomorfía de este género es la anisofilia de los trofofilos, los que son trimorfos y dispuestos en una hilera dorsal y una ventral de licofilos angostos y dos hileras laterales de trofofilos más anchos.

Este género con cerca de 20 especies de distribución principalmente en las regiones templadas, árticas y alpinas del hemisferio norte (Øllgaard, 1987). En la región Neotropical han sido citadas dos especies, de las cuales una habita la Argentina.

***Diphasiastrum thyoides*** (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Holub, Preslia 47(2): 108. 1975. *Lycopodium thyoides* Humb. & Bonpl. ex Willd., Sp. Pl. 5: 18. 1810. Tipo: Venezuela, Silla de Caracas, Humboldt (Holotipo B-W). Iconografía: de la Sota (1977: 24, fig. 5 H-O, sub *Lycopodium thyoides*), Vargas Ramos & da Silva Sylvestre (2010: 44, fig. 43 y 44, sub *Lycopodium thyoides*).

**Descripción:** plantas con tallos principales cilíndricos, largamente rastreros, con raíces distantes y trofofilos isomorfos, lineal-subulados. Tallos laterales erectos o algo decumbentes, dicotómicamente ramificados, aplanados, dorsiventrales. Trofofilos trimorfos, acuminados, agrupados en cuatro hileras: dos laterales, con trofofilos bien desarrollados, iguales y una ventral y otra dorsal, con trofofilos muy reducidos en su parte libre, los ventrales más pequeños que los dorsales. Tallos fértiles naciendo lateralmente sobre los ejes erectos, con pedúnculos 1-2 furcados, con trofofilos distantes, en pseudovercillos de cuatro. Dos a cuatro estróbilos por tallo fértil. Esporofilos en cuatro hileras o helicoidales, deltoides, con ápice abruptamente enangostado, subpeltados, con márgenes escariosos y erosos y una cavidad con mucílago en la base. Esporas globoso-tetraédricas, reticuladas.

**Distribución geográfica y hábitat:** Guatemala, Honduras, El Salvador, Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Paraguay, sur de Bolivia, sur de Brasil, y noroeste y centro de la Argentina. En la Argentina, en las provincias de Jujuy, Salta y Córdoba, punto que constituye el límite austral de la distribución de la especie. En Calilegua se la ha encontrado viviendo en barrancos húmedos y soleados, a partir de los 1700 m s.m.

**Observaciones:** especie muy variada, su morfología se correlaciona en alto grado con los factores ambientales, muy probablemente sea un complejo que requiere mayor estudio (Øllgaard, 1994).

**Material representativo examinado:** ARGENTINA, JUJUY, Depto. Ledesma, Camino a Valle Grande, *Cabrera et Fabris 16112* (LP, US); Abra de las Cañas, *Vervoorst et al. 4634* (LP).

*Phlegmariurus* (Herter) Holub, *Preslia* 36(1): 17, 21. 1964. *Lycopodium* sect. *Phlegmariurus* Herter, *Bot. Jahrb. Syst.* 43(Beibl. 98): 30. 1909 (nom. illeg. superfl.).

**Descripción:** Wagner & Beitel, 1992, 1993.

Las principales autapomorfías de este género son las raíces producidas en las partes distales del tallo, migrando por la corteza para emerger en las zonas de contacto con el sustrato; los esporofilos fotosintéticos persistentes luego de la dehiscencia del esporangio y esporas foveoladas-fosuladas, con lados convexos o  $\pm$  planos a la altura del ecuador y ángulos obtuso-agudos.

Este género posee cerca de 450 especies, distribuidas ampliamente por todo el planeta. De

ellas, 157 son neotropicales, con altos niveles de riqueza de especies en los Andes húmedos a la altura del ecuador, que van decreciendo gradualmente hacia latitudes más altas (Øllgaard, 1995). Para la Argentina se han citado siete especies, cuatro de ellas presentes en Calilegua.

#### Clave para identificar las especies de *Phlegmariurus*

1. Plantas con esporofilos muy diferentes a los trofofilos, mucho más reducidos y ubicados en el ápice de los tallos ..... *Phlegmariurus phylicifolius*
- 1'. Plantas con los esporofilos similares a los trofofilos, sin diferenciarse claramente entre ellos
2. Plantas epifíticas, con tallos péndulos ..... *Phlegmariurus sotae*
- 2'. Plantas terrestres, con tallos erectos columniformes simples o bifurcados
3. Trofofilos reflexos, con margen denticulado a ciliado ..... *Phlegmariurus reflexus*
- 3'. Trofofilos no reflexos, adpresos al tallo o patentes, con margen entero a denticulado ..... *Phlegmariurus saururus*

*Phlegmariurus phylicifolius* (Poiret) B. Øllg. *Phytotaxa* 57:17. 2012. *Huperzia phylicifolia* (Poiret) Holub, *Folia Geobot. Phytotax.* 20:75. 1985. *Lycopodium phylicifolium* Poiret, en Lam., *Encycl.* 3:546. 1814 (1813). lectotipo (designado por Øllgaard en Harling & Andersson, *Fl. Ecuador* 33:117. 1988): "Habitat in Chili," *Herbier de A.N. Desvaux*, *Donné par Mme Vve Lavallee en 1896* (lectotipo P, designado por Øllgaard en Harling & Andersson, *Fl. Ecuador* 33:117. 1988, imagen digital!). Iconografía: de la Sota (1977:27, fig. 6 I-O, sub *Lycopodium subulatum*).

**Descripción:** plantas epífitas, laxamente péndulas, solamente radicantes en la base, con tallos ramificados, especialmente en el extremo apical, surcados. Trofofilos distantes, descubriendo parcialmente la superficie del tallo, patentes o algo ascendentes, en general reunidos en pseudovercillos de tres, angostamente lanceolados a lineal subulados, con nervadura media visible, de 8-15 mm long. y 1,5-2 mm lat.; áreas fértiles terminales y bien diferenciadas de las estériles, 2-3 furcadas; esporofilos adpresos, más pequeños que los trofofilos, subdecusados o dispuestos en 3-4 hileras, ovados, cuculados, con ápice obtuso, igualando o apenas cubriendo casi completamente los esporangios; éstos amarillos, de cerca de 1 mm lat. Esporas globoso-tetraédricas, foveoladas.

**Distribución geográfica y hábitat:** neotropical, habita desde Costa Rica hasta Argentina, en donde vive en las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán. En el Parque Nacional Calilegua crece epífita sobre árboles, a partir de los 1000 m s. n. m.

**Material representativo examinado:** ARGENTINA, JUJUY, Depto. Ledesma, Parque Nacional Calilegua, camino a Mesada de las Colmenas, 24.V. 2011, *A. Ganem, L. Luna & M. Arana* 40 (JUA, RCV, LP).

***Phlegmariurus reflexus*** (Lam.) B. Øllg. Rodriguésia 63:481. 2012. *Huperzia reflexa* (Lam.) Trevis., Atti Soc. Ital. Sci. Nat. 17:248, 1874; *Lycopodium reflexum* Lam., Encycl. Méthodique Bot. 3:653. 1789. Tipo: Martinique, Comm. Joseph Martin s. n. (Holotipo P-LAM 442, imagen digital!). Iconografía: Rolleri *et al.* (2010: 43, fig. 1 A-C, sub *Huperzia reflexa*), Vargas Ramos & da Silva Silvestre (2010:37, fig. 28 sub *Huperzia reflexa*).

**Descripción:** plantas terrestres, con ejes de porción basal postrada y porción apical erecta, hasta 3-4 veces ramificados dicotómicamente, con ramas isótomas o más comúnmente, anisótomas; ramas ascendentes de 10-30(40) cm de alto, homófilas, de hasta 12-14 mm de ancho incluyendo los licofilos. Licofilos lineales, ascendentes en las porciones terminales, horizontales hasta deflexos en dirección basípeta, con filotaxis helicoidal, herbáceos y firmes, con bases decurrentes, adaxialmente planos y curvados abaxialmente; márgenes denticulados hasta ciliolados desde el ápice hasta la base, denticulos hialinos 1-2-celulares acroscópicamente dirigidos; esporofilos iguales a los trofofilos. Esporangios visibles, de 1,2-1,8 × 0,5-0,8 mm, bivalvares. Esporas triletes, foveoladas.

**Distribución geográfica y hábitat:** Neotrópico. México, Mesoamérica, Antillas, Colombia, Venezuela, Guayanas, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay y Argentina (provincias de Jujuy y Salta). En Calilegua se la ha encontrado creciendo en barrancos húmedos y laderas sombrías de la selva montana, a partir de los 1600 m s.m.

**Observaciones:** crece formando poblaciones en manchones, se distingue porque los ejes y esporangios son visibles a través de las hojas recurvadas.

**Material representativo examinado:** ARGENTINA, JUJUY, Depto. Ledesma, Parque Nacional Calilegua, 1670 m s.m., 17.III.2009, *Martínez & Chambi* 1819 (MCNS).

***Phlegmariurus saururus*** (Lam.) B. Øllg. Phytotaxa 57: 18. 2012.

*Huperzia saururus* (Lam.) Trevis., Atti Soc. Ital. Sci. Nat. 17:249. 1874. *Lycopodium saururus* Lam. Encycl. Méthodique Bot. 3:653. 1789. Tipo: Ile de Bourbon (Reunión), *Commerson, Herb. Lamarck* (Holotipo P-LAM, imagen digital!). Iconografía: de la Sota (1977: 24, fig. 5 D-G, sub *Lycopodium saururus*), Arana & Bianco (2011: 37, fig. A, a-c).

**Descripción:** plantas terrestres o saxícolas de hasta 45 cm de altura. Rizomas cilíndricos, quebradizos. Ejes erectos, cilíndricos, columniformes, simples o dicotómicamente ramificados. Trofofilos de disposición helicoidal y adpresos al tallo o patentes, dispuestos en varias hileras, erguidos, imbricados, sésiles, verdosos hasta amarillentos, brillantes, carnosos, convexos en el haz, planos en el envés, lineal-lanceolados. Esporofilos iguales a los trofofilos, ubicados en la parte superior de los ejes. Esporangios globosos, amarillos o anaranjados, dispuestos en la axila de los esporofilos. Esporas globoso-tetraédricas, foveoladas.

**Distribución geográfica y hábitat:** netamente gondwánica (Arana *et al.*, 2011), se encuentra distribuida en Tristan da Cunha-Gough, regiones montañosas de África tropical y del sur (Natal, El Cabo, Lesotho, Zimbabwe, Malawi, Uganda, Kenya, Tanzania, Etiopía, Camerún, Madagascar, Reunión y Mauricio) y América del Sur, principalmente en la región Andina desde Perú hasta Chile y Argentina (provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, Córdoba y Buenos Aires, en donde las sierras de Tandilia y Ventania constituyen el límite austral de distribución de la especie). En Calilegua esta especie crece en lugares abiertos, en pastizales a partir de los 2000 m s.m. en grietas profundas entre rocas, generalmente en lugares protegidos.

**Nombre vulgar:** “cola de quirquincho”, “piyiyai” y “cola de león”.

**Observaciones:** Es usada en medicina popular como afrodisíaco, antialopécico y estimulante de la memoria (Morero, 2006).

**Material representativo examinado:** ARGENTINA, JUJUY, Depto. Valle Grande, Serranía de Calilegua, Cerro Hermoso, 3320 m s.m., 19.II.1965, *H. Fabris* 5921 *et Crisci & Petriella* (LP).

***Phlegmariurus sotae*** (Rolleri) B. Øllg. Phytotaxa 57: 19. 2012. *Huperzia sotae* (Rolleri) Holub, Folia Geobot. Phytotax. 20:77. 1985. *Lycopodium sotae* Rolleri, *Darwiniana* 16(1-2):130, f. 1 A-C, t. II, III A. 1970. Tipo: Argentina: prov. Tucumán: Depto.

Chicligasta, Estancia Las Pavas, Puesto El Saladillo, planta epífita, de hasta 1,20 m de largo, a cuatro metros o más de altura, 1700 m s.m., 9 marzo 1924, S. Venturi 2955 (LP!, SI!). Iconografía: de la Sota (1977:27, fig. 6 E-H, sub *Lycopodium sotae*).

**Descripción:** plantas epífitas péndulas de hasta 1,5 m de largo; tallos crasos, flexibles de ramificación dicotómica. Trofofilos numerosos, erguidos, adpresos, pseudoverticilados, dispuestos en cinco hileras, subcoriáceos, lanceolado-deltoides, con base brevemente cuculada y margen entero, de 10-13 mm long. y 1-1,5 mm lat., esporofilos iguales a los trofofilos, aunque levemente más pequeños, ubicados sobre la parte apical del tallo, a veces alternantes con áreas de trofofilos por reiniciación del crecimiento vegetativo. Esporangios visibles, sobresaliendo por los costados de los esporofilos. Esporas globoso tetraédricas, foveoladas.

**Distribución geográfica y hábitat:** neotropical, crece solamente en el sur Bolivia y en la Argentina, en donde vive en las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán. En Calilegua crece epífita sobre árboles a partir de los 1200 m s. n. m., en la selva montana.

**Material representativo examinado:** ARGENTINA, JUJUY, Depto. Ledesma, Abra de las Cañas, de la Sota 4424 (LP).

*Lycopodium* L., Sp. Pl.: 1100, 1753. Especie tipo: *Lycopodium clavatum* L.

**Descripción:** Wagner & Beitel, 1992; 1993.

La principal autapomorfía de *Lycopodium sensu stricto* es poseer los trofofilos densos, dispuestos helicoidalmente, simples, aciculares, de margen entero y ápice escarioso o terminado en un apéndice capilar blanquecino, y los esporofilos subpeltados con una cavidad basal de mucílago.

Este género, así delimitado, posee alrededor de 10 especies en regiones templadas y frías del mundo excepto Australia. En la región Neotropical habitan dos especies, de las cuales una, con una subespecie, crece en la Argentina.

*Lycopodium clavatum* L. subsp. *clavatum*, Sp.Pl. 1, 2: 1101. 1753.

Lectotipo: *Herb. Burser* XX: 49 (UPS), designado por Jonsell & Jarvis, *Regnum Veg.* 127: 63. 1993. Iconografía: de la Sota (1977: 21, fig. 4 A-F), Arana & Bianco (2011: 37, fig. A, a-d).

**Descripción:** plantas saxícolas, con ejes principales epígeos, radicales largamente rastreros y paucifoliados, tallos laterales erectos. Trofofilos dispuestos en forma helicoidal, lineal-lanceolados, terminados en un tricoma delgado, sin clorofila. Ejes fértiles delgados, paucifoliados, terminales sobre las ramas erectas, ramificados, llevando hasta 5 estróbilos cilíndricos, los que algunas veces están bifurcados. Esporofilos amarillos, de márgenes escariosos y fimbriados, aovado-deltoides, largamente acuminados, subpeltados. Esporangios de 1,3-1,6 mm de ancho. Esporas reticuladas.

**Distribución geográfica y hábitat:** cosmopolita, excepto Australia. Europa, Asia y América. En la Argentina, se la encuentra en las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán y Córdoba, este punto constituye el límite austral de la distribución de la especie. En Calilegua se la encuentra creciendo en lugares soleados de los claros de la selva, por encima de los 1000 m s.m., sobre las laderas húmedas.

**Nombre vulgar:** “pilliján”.

**Observaciones:** es utilizada en medicina popular como carminativo, laxante, diurético, descongestivo, anticatarral y afrodisíaco (Morero, 2006, sub *L. clavatum*).

En la región Neotropical está representada por dos subespecies: *L. clavatum* subsp. *clavatum* y *L. clavatum* subsp. *contiguum* (Klotzch) B. Øllg. La subespecie típica posee los estróbilos sobre pedúnculos elongados y los tallos aéreos son ampliamente ramificados, mientras que en la subespecie *contiguum* los estróbilos son sésiles o sobre pedúnculos muy cortos y los tallos aéreos son muy poco ramificados, esta última subespecie habita en elevadas altitudes (2600-3800 m s. n. m.) en Costa Rica, Panamá y en los Andes, desde Venezuela a Perú.

**Material representativo examinado:** ARGENTINA, JUJUY, Depto. Ledesma, Valle Grande, Parque Nacional Calilegua a 100m sendero Bosque del Cielo, 1670 m s.n. m., selva montana sobre ladera húmeda, 17.III.2007, O. Martínez & J. Chambi (MCNS).

*Selaginellaceae* Willk.

*Selaginella* P. Beauv., Mag. Encycl. 4: 478, 1804. Especie tipo: *Selaginella spinosa* P. Beauv.

**Descripción e iconografía:** Jermy, 1990: 42-44, fig. 13 A-E y 14 A-C.

Las principales autapomorfías del género son: plantas heterosporadas con raíces dispuestas sobre ejes especializados, áfilos o subáfilos (rizóforos), ubicados

en los nudos o en la base de los ejes caulinareos; los trofofilos poseen lígula, isomorfos y de disposición helicoidal o dimórficos y dispuestos en cuatro hileras; dos centro-dorsales (menores) y dos laterales.

Género cosmopolita, predominando en regiones tropicales, compuesto por 750 especies de distribución mundial, especialmente en las zonas tropicales de ambos hemisferios. En la Argentina habitan ocho especies, de las cuales en el Parque Nacional Calilegua se han encontrado tres.

### Clave para identificar las especies de *Selaginella*

1. Trofofilos monomórficos, dispuestos helicoidalmente .....  
..... *Selaginella sellowii*
- 1'. Trofofilos dimórficos, dispuestos en cuatro hileras
  2. Tallos postrados, con rizóforos presentes en todo su largo  
..... *Selaginella microphylla*
  - 2'. Tallos suberectos, con rizóforos sólo en su parte basal .....  
..... *Selaginella novae-hollandiae*

***Selaginella microphylla*** (Kunth) Spring, Bull. Acad. Roy. Bruxelles 10:234. 1843. *Lycopodium microphyllum* Kunth, Nov. Gen. Spec. Plant. 1:39. 1816. Tipo: Colombia, Cauca, Qulcace, Bonpland s/n (holotype, P?, photo, GH; isotipo BM). Iconografía: de la Sota (1977: 35, fig. 10 A-J), Arana & Bianco (2011: 38, fig. A, a-f).

**Descripción:** plantas terrestres, saxícolas o epífitas, pequeñas con aspecto musgoso. Tallos postrados, dorsiventrales, con rizóforos ventrales y laterales. Trofofilos verdes, muy pequeños, dimórficos, dispuestos en cuatro hileras, los laterales ovados, ciliados; los centrodorsales elípticos, ciliados, menores a los anteriores. Estróbilos con esporofilos uniformes, deltoide-ovados, ciliados. Megaspores reticuladas, microspores con cara proximal verrucosa y distal con diferentes elementos (espinas, conos, gemas).

**Distribución geográfica y hábitat:** sudamericana, desde Venezuela y Colombia hasta Bolivia, Brasil, Paraguay y la Argentina, donde crece desde el noroeste hasta las Sierras Pampeanas del centro. En Calilegua se la encuentra en lugares húmedos, protegidos.

**Material representativo examinado:** ARGENTINA, JUJUY, Depto. Ledesma, Serranía de Calilegua, *Fabris 4446* (LP).

***Selaginella novae-hollandiae*** (Sw.) Spring, Bull. Acad. Roy. Bruxelles 10:234. 1843. *Lycopodium novae-hollandiae* Swartz, Syn. Fil.: 184. 1806. Tipo:

ejemplar con la escritura de Willdenow “*Lycopodium ciliatum* mihi. ex Nova hollandia, L. nova-hollandiae Swartzii”, Holotipo herb. n° R-9482 (S). Este ejemplar no posee colector, pero probablemente haya sido L. Née (Korall & Karis, 2001). Iconografía: de la Sota (1977: 35, fig. 10 K-T).

**Descripción:** plantas con tallos suberectos, radicales en la parte basal, formando matas. Tallos principales de hasta 20 cm de largo, rizóforos ventrales y axilares. Trofofilos dimórficos, los laterales aovados a elípticos, un poco asimétricos, con el lado acroscópico más desarrollado, de hasta 2,5 mm de largo y borde ciliado; los centros dorsales elípticos, aristados, ciliados, de hasta 1,5 mm long. Estróbilos sobre ramas laterales, de hasta 3,5 mm long., con esporofilos ovados, aristados, ciliados, de hasta 1,5 mm long. Megaspores ruguladas, microspores granular-verrucosas.

**Distribución geográfica y hábitat:** americana, desde Costa Rica y a lo largo de los Andes hasta Bolivia y Argentina, donde crece en el noroeste. En Calilegua tiene hábito terrestre y crece en lugares húmedos del sotobosque de las Yungas y bosques montanos.

**Material representativo examinado:** ARGENTINA, JUJUY, Depto. Ledesma, Parque Nacional Calilegua, descendiendo desde Monolito hacia Mesada de las Colmenas 23° 40' 58" S 64° 54' 04" W, 1720 m.s.m., 4.VII.2010, C. Larsen & M. D. Arana 136 (RCV, SI).

***Selaginella sellowii*** Hieron., Hedwigia 39: 306. 1900. Lectotipo (designado por R. Tryon, 1955): Brazil, Paria de San Diego, Sellow, in 1821 (holotipo B; frag., NY). Iconografía: de la Sota (1977: 30, fig. 7 J-S), Arana & Bianco (2011: 39, fig. A, a-c).

**Descripción:** plantas terrestres, pequeñas, que forman céspedes compactos. Tallos postrados, radiales, con los extremos no involutos en estado durmiente. Trofofilos uniformes, verde grisáceo, rígidos, lineal-subulados, ciliados, con base adnata, dispuestos helicoidalmente en los ejes. Estróbilos sobre ramificaciones laterales, de 3-5 mm de longitud. Esporofilos aovado-deltoides. Megaspores reticuladas, microspores granulares.

**Distribución geográfica y hábitat:** desde Cuba y México hasta Argentina, Brasil y Uruguay. En nuestro país habita el noroeste, noreste, centro y litoral. En Calilegua se la encuentra tapizando las rocas o las grietas profundas de las mismas.

**Nombre vulgar:** “selaginela”

**Observaciones:** según de la Sota (1977) esta especie se comporta como fijadora de suelos en el área chaqueña.

Es muy similar a *S. peruviana* (Milde) Hieron., de la que puede distinguirse porque los extremos del tallo no son involutos en estado durmiente y por los tallos, que en esta especie son más delgados y presenta los trofófilos más adpresos. Ambas especies pertenecen al subgénero *Tetragonostachys* Jermy, que se caracteriza, entre otros caracteres, por la disposición helicoidal de sus trofófilos; este subgénero es monofilético (Korall & Kenrick, 2004).

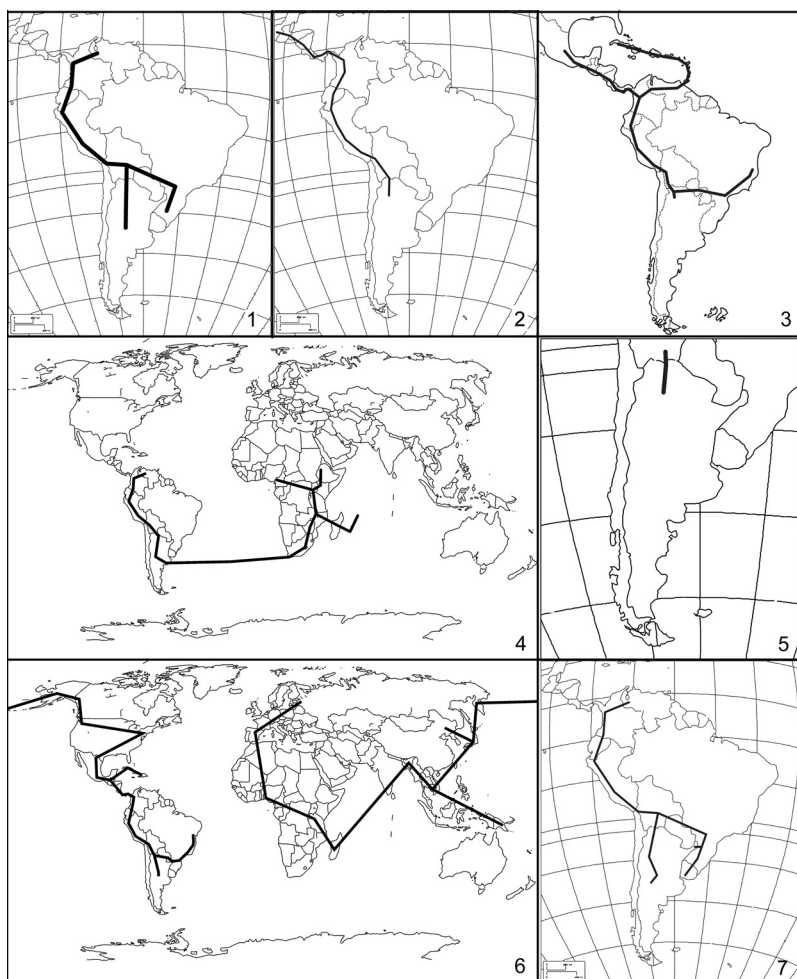
**Material representativo examinado:** ARGENTINA, JUJUY, Depto. Ledesma, Parque Nacional Calilegua, de Abra de las Cañas a Mesada de las Colmenas, 1650 m s. n. m., 23°41'S 64°54'O, 12.XI.2002, Ramos Giacosa s/n (LP).

### Análisis panbiogeográfico

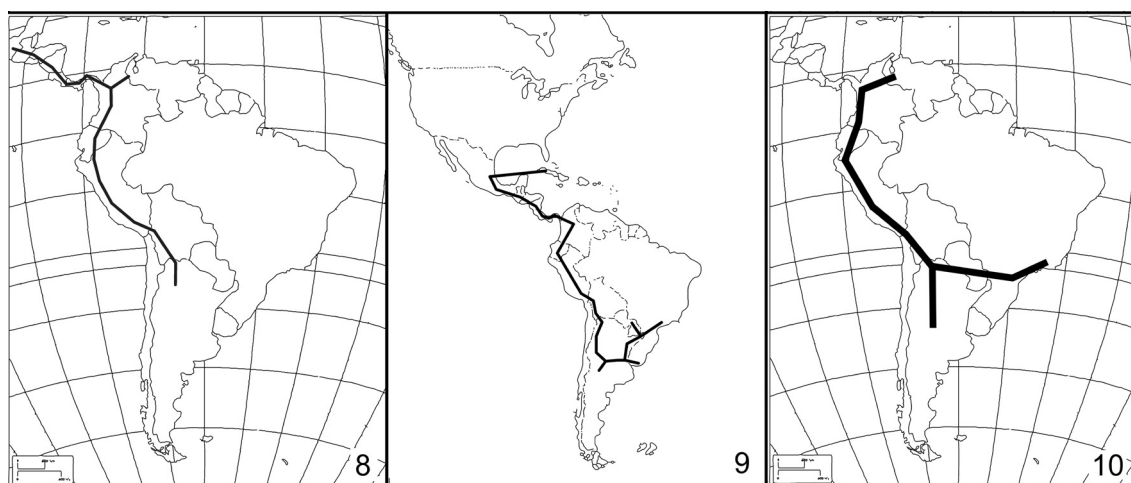
En los patrones de distribución de las nueve especies de licofitas del Parque Nacional Calilegua (Figs. 1-9) se observa un trazo individual cosmopolita, correspondiente a *Lycopodium clavatum*

ssp. *clavatum*, y un trazo individual gondwánico, conectando América del Sur con África y Madagascar, que corresponde a *Phlegmariurus saururus*. La conexión de la región del Parque Nacional Calilegua con la región mesopotámica y austral brasileña está dada por los trazos individuales de *Diphasiastrum thyoides*, *Selaginella microphylla* y *S. sellowii*. De las entidades encontradas, el trazo individual de *Phlegmariurus sotae* es característico de las Yungas y su trazo individual está restringido a los bosques nubosos del noroeste argentino y sur de Bolivia.

Como resultado de la superposición de todos los trazos individuales, se puede observar un patrón de distribución principal formando un trazo generalizado (Fig. 10), en el cual el área del Parque Nacional Calilegua está incluida dentro del trazo generalizado que conecta las Sierras Pampeanas *sensu stricto* (o Sierras Pampeanas orientales) con las Sierras Subandinas y los Andes bolivianos y peruanos, estando íntegramente dentro de la región



**Figs. 1-7.** Trazos individuales de las especies de licofitas presentes en el Parque Nacional Calilegua. 1. *Diphasiastrum thyoides*; 2. *Phlegmariurus phylicifolia*; 3. *P. reflexa*; 4. *P. saururus*; 5. *P. sotae*; 6. *Lycopodium clavatum* ssp. *clavatum*; 7. *Selaginella microphylla*.



**Figs. 8-10.** Trazos individuales y generalizado de las especies de licofitas presentes en el Parque Nacional Calilegua. **8.** *Selaginella novae-hollandiae*; **9.** *S. sellowii*; **10.** Trazo generalizado

Neotropical, pero bordeando la Zona de Transición Sudamericana. Además, la región donde se sitúa el Parque posee relaciones estrechas con la subregión Paranaense de la región Neotropical, con algunas especies (Fig. 3, 7, 9) salvando la barrera árida representada por la subregión Chaqueña. Finalmente, se destaca la ausencia de nodos, lo que indica que no hay en la región estudiada una confluencia de trazos generalizados; esto implica que en el noroeste de la Argentina no hay convergencia de biotas ancestrales para las licofitas.

## DISCUSIÓN

El Parque Nacional Calilegua representa un sector de las Yungas del noroeste argentino, el cual es uno de los centros de diversidad de helechos y licofitas (Ponce *et al.*, 2002). Dentro de este parque se han encontrado nueve especies de licofitas pertenecientes a las familias *Lycopodiaceae* y *Selaginellaceae*. Los géneros más diversos son *Phlegmariurus*, con cuatro especies, de las cuales *P. reflexus* presenta su límite de distribución austral en esta región, y *Selaginella*, con tres especies de distribución neotropical amplia. Esta riqueza de licofitas es la más alta en Argentina, seguida por la zona del noreste y por el sur y centro argentino, con siete especies cada una. El trazo individual de *P. saururus* contribuye a las relaciones del continente sudamericano con el africano. Ello apoya lo

observado por otros autores (Moran & Smith 2001; Janssen *et al.* 2007; Arana *et al.*, 2011) en cuanto a la conexión florística entre América del Sur y África en sus floras de helechos y licofitas.

El patrón de distribución principal encontrado apoya la existencia del componente biótico ancestral neotropical de licofitas establecido por Arana *et al.* (2011), cuyo extremo austral lo constituyen las Sierras centrales de Argentina. Esto demuestra que la conexión biótica entre las Sierras del centro argentino y Subandinas es particularmente estrecha. Además, el trazo generalizado confirma que las Sierras Subandinas están vinculadas estrechamente con los Andes del Norte, tal cual fue propuesto por de la Sota (1973), Ponce *et al.* (2002) y Arana *et al.* (2011).

En general se identifican tres centros de endemismos con áreas coincidentes con las de concentración de especies, dos subtropicales en el noroeste y noreste de Argentina y uno templado-lluvioso en el sur argentino-chileno (de la Sota, 1973; Ponce *et al.*, 2002). A estos centros se les agrega como cuarto centro de diversidad de licofitas y helechos las Sierras de la región central de la Argentina (Arana *et al.*, 2004; Arana & Bianco, 2011). Arana *et al.* (2011) establecieron un componente biótico neotropical de licofitas cuyo extremo austral son las Sierras centrales de Argentina, las que presentan una relación estrecha con las Sierras Subandinas y los Andes bolivianos y peruanos, bordeando la Zona de Transición Sudamericana.

Las relaciones de distribución de la biota del Cono Sur fueron afectadas principalmente por fenómenos paleoclimáticos y geomorfológicos que comenzaron durante la segunda parte del Terciario (Axelrod *et al.*, 1991). A partir del Mioceno y hasta el Plioceno, el clima se fue haciendo más árido debido al lento levantamiento de los Andes y a la corriente fría de Humboldt. La última fase de la orogenia andina en el Plioceno superior causó el solevantamiento de las Sierras Pampeanas y las Sierras Subandinas (Taylor, 1991). Todos estos fenómenos pueden haber provocado una separación de las poblaciones hacia las regiones montañosas y serranas, las cuales, de acuerdo con Moran (1995), son de vital importancia para el establecimiento de helechos y licofitas, ya que poseen gran heterogeneidad de hábitats y microclimas, restringidas ahora a lo que Ponce *et al.* (2002) denominan zonas intermedias, que permitirían la dispersión (movilidad), flujo génico e intercambio de especies. Además, las Sierras Subandinas poseen una estrecha relación con los Andes septentrionales, con los que no tiene ninguna barrera específica. Por otra parte, la biota de la zona del Parque Nacional Calilegua posee vinculaciones estrechas con la subregión Paranaense, ejemplificadas por los trazos de *Diphasiastrum thyoides*, *Phlegmariurus reflexus* y *Selaginella microphylla*, salvando la diagonal árida formada por la subregión Chaqueña, que ocupa el norte y centro de la Argentina, sur de Bolivia, oeste y centro del Paraguay, y centro y noroeste del Brasil (Morrone, 2000b). Esta subregión se caracteriza por tener ambientes xéricos formados por sabanas de poáceas intercaladas con bosques formados por especies de los géneros *Aspidosperma* Mart. & Zucc., *Celtis* L., *Schinopsis* Engl., *Senegalia* Raf., *Vachellia* Wight & Arn. y *Zanthoxylum* L., constituyendo una de las pocas áreas del mundo en que la transición de los trópicos a las zonas templadas no consiste en un desierto sino en bosques semiáridos y sabanas (Morello, 1967; Morello & Adámoli, 1968). Así, esta región parece constituir el nexo de conexión entre las floras del norte y sur de América del Sur (López *et al.*, 2006), lo cual permitiría que la flora de licofitas del Parque Nacional Calilegua pueda establecer conexiones con la región Paranaense mediante especies relativamente adaptadas a ambientes xéricos como *Selaginella sellowii* y *Diphasiastrum thyoides*. Esta conexión está demostrada también para otros taxones de plantas, como helechos del género *Asplenium* L. (Ganem *et al.*, 2007) e incluso para grupos animales como las aves, las que aprovechan

los bosques en galería a la largo de los cursos de agua de los ríos Bermejo, Pilcomayo, Paraguay y Paraná (Nores, 1992). En el pasado reciente, posiblemente durante los periodos interglaciares del Cuaternario, es muy posible que la subregión Chaqueña fuera más húmeda que en la actualidad, por lo que las selvas de las Yungas y Paranaense cubrirían un territorio mucho mayor que el actual, retrayéndose durante periodos más secos, por lo que los bosques en galería constituirían relictos que evidencian una distribución de bosques más amplia (Van der Hammen, 1974). La misma fue gradualmente fragmentada en dos partes, una noroeste (Yungas) y una sureste (Paranaense) por la diagonal árida conformada por la subregión Chaqueña (Morrone & Coscarón, 1996; Morrone, 2000b).

La zona austral de la Argentina y Chile, que constituye uno de los centros de concentración de especies de licofitas, en especial de *Austrolycopodium* Holub (Arana *et al.*, 2011; Arana, 2012), pertenece a la región Andina y está netamente separada de la zona del Parque Nacional Calilegua por la Zona de Transición Sudamericana, región de carácter transicional que fue identificada por los patrones de distribución de diferentes taxones de plantas y animales (Morrone, 2006; Urtubey *et al.*, 2010). Esta Zona de Transición, que comprende las provincias biogeográficas del Páramo Norandino, Desierto Costero Peruano, Puna, Atacama, Prepuna y Monte (Morrone, 2006), se caracteriza principalmente por poseer ambientes áridos sin bosques y constituiría una barrera exitosa para la distribución de las licofitas, ya que no hay ningún trazo individual que conecte la zona austral de Argentina y Chile con la biota ancestral establecida.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a los editores y revisores por la lectura crítica del manuscrito y valiosas sugerencias. A Mónica Ponce, Antonia Oggero y Benjamin Øllgaard por el apoyo incondicional permanente y toda la ayuda brindada. A la Administración de Parques Nacionales por los permisos cedidos y a los guardaparques del Parque Nacional Calilegua por su colaboración y guía durante los viajes de campo. Este trabajo fue parcialmente financiado por la Universidad Nacional de La Plata, UNLP N610.

## REFERENCIAS

- Arana, M.D. 2012. Diversidad, distribución y vinculaciones de la flora de helechos y licofitas de las Sierras de Córdoba, Argentina. 317 f. Tesis Doctoral, UNRC, Río Cuarto.
- Arana, M.D., Ponce, M. & Vischi, N. 2004. Sinopsis de los helechos y grupos relacionados (Pteridophyta) de la provincia

- de Córdoba, Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 39:89-114.
- Arana, M.D. & Bianco, C. 2011. Helechos y licofitas del centro de Argentina. Editorial UNRC: Río Cuarto. 84 p.
- Arana, M.D., Morrone, J.J., Ponce, M. & Oggero, A.J. 2011. Licofitas (Equisetopsida: Lycopodiidae) de las sierras centrales de Argentina: Un enfoque panbiogeográfico. Gayana Botánica, 68:14-21.
- Axelrod, D.I., Kalin Arroyo, M.T. & Raven, P.H. 1991. Historical development of temperate vegetation in the Americas. Revista Chilena de Historia Natural, 64:413-446.
- Brown, A.D. 1995. Las selvas de montaña del noroeste de Argentina: Problemas ambientales e importancia de su conservación. In Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña (A.D. Brown, y H. R. Grau, eds.). LIEY, San Miguel de Tucumán, p. 9-18.
- Chase, M.W. & Reveal, J.L. 2009. A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. Botanical Journal of the Linnean Society, 161:122-127.
- Christenhusz, M.J.M., Zhang, X. & Schneider, H. 2011. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. Phytotaxa, 19:7-54.
- Craw, R.C. 1988. Panbiogeography: Method and synthesis in biogeography. In Analytical biogeography: An integrated approach to the study of animal and plant distributions (A.A. Myers & P.S. Giller eds.). Chapman & Hall: Londres & Nueva York, p 405-435.
- Craw, R.C., Grehan, J.R. & Heads, M.J. 1999. Panbiogeography: Tracking the history of life. Oxford Biogeography Series no. 11. Oxford University Press, Oxford. 240 p.
- De la Sota, E.R. 1973. La distribución geográfica de las pteridofitas en el cono sur de América meridional. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 15:23-34.
- De la Sota, E.R. 1977. Pteridophyta. In Flora de la Provincia de Jujuy, Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (A.L. Cabrera, dir.).13: XIV + 275, Buenos Aires.
- Ganem, M.A., Giudice, G.E., Luna, M.L. & De la Sota, E.R. 2007. Revisión del grupo "*Asplenium squamosum*" en América. Candollea, 62: 149-156.
- Ganem, M.A., Giudice, G.E., Luna, M.L., Ramos Giacosa, J.P., Ahumada, O., Rotman, A. & Paco, N. 2010. Relevamiento de Helechos y Licofitas del Parque Nacional Calilegua, provincia de Jujuy, Argentina. I Congreso latinoamericano (IV Argentino) de la Conservación de la Biodiversidad. Tucumán, Argentina. Resumen B4P-0037.
- Gensel, P.G. & Berry, C.M. 2001 Early Lycophyte Evolution. American Fern Journal, 91(3):74-98.
- Giudice, G.E., Ramos Giacosa, J.P., Ganem, M.A., Luna, M.L., De la Sota, E.R., Ahumada, O., Rotman, A. & Paco, N. 2009. Las Pteridophyta del Parque Nacional Calilegua, provincia de Jujuy, Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 44 (supl.):89.
- Jannsen, T., Kreier, H. & Schneider, H. 2007. Origin and diversification of African ferns with special emphasis on Polypodiaceae. Brittonia, 59:159-181.
- Jermey, A.C. 1990. Selaginellaceae, In The families and genera of vascular plants I. (K. Kubitzki, ed.) Springer-Verlag. Berlin & Heidelberg. p. 39-45.
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens, P.F. & Donoghue, M.J. 2008. Plant systematics: a phylogenetic approach, Third Edition. Sinauer Asoc, USA. 611 p.
- Kenrick, P. & Crane, P.R. 1997. The origin and early diversification of land plants: A cladistic study. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 441 p.
- Korall, P. & Kenrick, P. 2004. The phylogenetic history of Sellaginellaceae based on DNA sequences from the plastids and nucleus: extreme substitution rates and rate heterogeneity. Molecular Phylogenetics and Evolution, 31:852-864.
- Lewis, L.A. & Mc Court, R.M. 2004. Green Algae and the origin of Land Plants. American Journal of Botany, 91(10):1535-1556.
- López, R.P., Larrea Alcázar, D. & Macía, M.J. 2006. The arid and dry plant formations of South America and their floristic connections: new data, new interpretation? Darwiniana, 44(1):18-31.
- Malizia, L., Pacheco, S., Blundo, C., Brown, A.D. 2012. Caracterización altitudinal, uso y conservación de las Yungas subtropicales de Argentina. Ecosistemas, 21(1-2): 53-73.
- Martínez, O.G. 1996. Lycopodiaceae. Flora del Valle de Lerma. Aportes Botánicos de Salta. Ser. Flora, 4:1-9.
- Moran, R.C. 1995. The importance of mountains to Pteridophytes, with emphasis on Neotropical montane forests. In Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests (S.P. Churchill, ed.). New York Botanical Garden. Nueva York. p 359-363.
- Moran, R.C. 2008. Diversity, biogeography and floristics. Capítulo 14, pp: 367-394. In The biology and evolution of ferns and lycophytes (T.A. Ranker, & C.H. Haufler eds.). Cambridge University Press, Nueva York. 480 p.
- Moran, R.C. & Smith, A.R. 2001. Phytogeographic relationships between Neotropical and African-Madagascan pteridophytes. Brittonia, 53:304-351.
- Morello, J. 1967. Bases para el estudio fitoecológico de los grandes espacios (el Chaco argentino). Ciencia e Investigación, 23:252-267.
- Morello, J. & Adámoli, J. 1968. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco argentino. Primera parte: Objetivos y Metodología. Serie Fitogeográfica N° 10. INTA, Buenos Aires, 125 p.
- Morero, R. 2006. Pteridophyta: 39-99. In Flora Medicinal de la provincia de Córdoba (Argentina) Pteridófitas y Antófitas silvestres o naturalizadas (G.E. Barboza, J.J. Cantero, C.O. Nuñez & L. Ariza Espinar eds.). Museo Botánico. Córdoba, Argentina. 1250 p.
- Morrone, O., Zuloaga, F.O., Pensiero, J.F., Cialdella, A.M. & Deginani, N. 1999. Relevamiento de plantas vasculares del Parque Nacional Calilegua (Jujuy). Informe Administración de Parques Nacionales-Delegación Regional Noroeste, 10 p.
- Morrone, J.J. 2000a. A new regional biogeography of the Amazonian subregion, mainly based on animal taxa. Anales del Instituto de Biología de la UNAM, serie Zoología, 71:99-123.
- Morrone, J.J. 2000b. What is the Chacoan subregion? Neotropica, 46:51-68.

- Morrone, J.J. 2004. La zona de transición sudamericana: Caracterización y relevancia evolutiva. *Acta Entomológica Chilena*, 28:41-50.
- Morrone, J.J. 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean Islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology*, 51:467-494.
- Morrone, J.J. 2009. *Evolutionary biogeography: An integrative approach with case studies*. Columbia University Press, Nueva York, 301 p.
- Morrone, J.J. & Coscarón, M.C. 1996. Distributional patterns of the American Peiratinae (Heteroptera: Reduviidae). *Zoologische Medelingen, Leiden*, 70:1-15.
- Nores, M. 1992. Bird speciation in subtropical South America in relation to forest expansion and retraction. *The Auk*, 109(2):346-357.
- Øllgaard, B. & Windisch, P.G. 1987. Sinopse das Lycopodiáceas do Brasil. *Bradea*, 5:1-43.
- Øllgaard, B. 1992. Neotropical Lycopodiaceae - An overview. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 79:687-717.
- Øllgaard, B. 1994. Lycopodiaceae. In *Pteridophyta of Peru, Parte VI* (R.M. Tryon & R.G. Stolze, ed.). *Fieldiana Botany new series*, v. 34, p.16-66.
- Øllgaard, B. 2012a. Nomenclatural changes in Brazilian Lycopodiaceae. *Rodriguésia*, 63(2):479-482.
- Øllgaard, B. 2012b. New combinations in Neotropical Lycopodiaceae. *Phytotaxa*, 57:10-22.
- Perovic, P.G., de Bustos, S., Tálamo, A., Trucco, C. & Vázquez, D. 2000. Informe del Relevamiento de Flora y Fauna en el Parque Nacional Calilegua y alrededores, Jujuy, Argentina. In *Monitoring and Modelling the Impacts of Changing Governments Policies on Biodiversity Conservation in the Andes*. (A. Millington, C. Daniele, J. Fjeldsa, S. Vehkamäki, & M. Leo, eds.). *Proyecto Bioandes. First Annual Report*. Unión Europea, 34 p.
- Pirani, J.R. & Prado, J. 2012. Embryopsida, a new name for the class of land plants. *Taxon*, 61:1096-1098.
- Ponce, M.M. 1996. Pteridophyta. In *Catálogo de las plantas vasculares de la República Argentina I: Pteridophyta, Gymnospermae y Angiospermae (Monocotyledoneae)* (F.O. Zuloaga & O. Morrone, eds.). *Monographs in Systematic Botany*, Missouri Botanical Garden, 60:1-79.
- Ponce, M., Mehltrater, K. & De la Sota, E.R. 2002. Análisis biogeográfico de la diversidad pteridofítica en Argentina y Chile continental. *Revista Chilena de Historia Natural*, 75:703-717.
- Pryer, K.M., Schneider, H. & Magallón, S. 2004. The radiation of vascular plants. In *Assembling the Tree of Life* (J. Cracraft & M. Donoghue, eds.). Oxford University Press, Nueva York, p. 138-153.
- Rolleri, C.H. 2008. *Lycopodiaceae*. In *Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur (Argentina, S de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)* (F.O. Zuloaga, O. Morrone, & M.J. Belgrano, eds.). *Monographs in Systematic Botany*, Missouri Botanical Garden, 107:84-96.
- Rolleri, C.H., Martínez, O.G. & Prada, C. 2010. *Huperzia reflexa* y *Lycopodiella cernua* (Lycopodiales-Pteridophyta): dos nuevas citas para el NO de la Argentina y actualizaciones sobre su morfología. *Botanica Complutensis*, 34:41-48.
- Rotman, A., Ahumada, O., Carranza, A., Armella, L., Maldonado, M., Sato, H., Paco, N., Acosta, J., Alvarez, M., Ganem, M. A. & Zingariello, I. 2007. Relevamiento de las comunidades vegetales del Parque Nacional Calilegua. Jujuy, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 42 (Supl.):160.
- Rotman, A., Ahumada, O., Carranza, A., Paco, N., Sato, H., Alvarez, M., Ganem, M.A. 2008a. Diversidad Vegetal del Parque Nacional Calilegua, Jujuy, Argentina. III Congreso Nacional de Conservación de la Biodiversidad, Buenos Aires, 11-14 agosto de 2008.
- Rotman, A., Ahumada, O., Carranza, A., Paco, N., Sato, H., Alvarez, M., Ganem, M.A. 2008b. Diversidad de Especies Vegetales del Parque Nacional Calilegua, Jujuy, Argentina. IV Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida- 5º Congreso de Ambiente y Calidad de Vida, Catamarca, 22-26 de Septiembre de 2008.
- Thiers, B.M. (ed.). 2012. *Index Herbariorum*. New York Botanical Garden, New York. <http://sciweb.nybg.org/science2/IndexHerbariorum.asp>.
- Taylor, D.W. 1991. Paleobiogeographic relationships of Andean angiosperms of Cretaceous to Pliocene age. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 88:69-84.
- Tryon, R.M. & Tryon, A.F. 1982. *Ferns and allied plants, with special reference to Tropical America*. Springer-Verlag, New York, Heidelberg y Berlín. 857 p.
- Urtubey, E., Stuessy, T.F., Tremetsberger, K. & Morrone, J.J. 2010. The South American biogeographic transition zone: An analysis from *Asteraceae*. *Taxon*, 59:505-509.
- Van der Hammen, T. 1974. The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. *Journal of Biogeography*, 1:3-26.
- Vargas Ramos, C.G. & L. da Silva Sylvestre. 2010. Lycopodiaceae no Parque Nacional do Itatiaia, RJ e MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 24(1):25-46.
- Wagner, W. & Beitel, J. 1992. Generic classification of modern North American Lycopodiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 79:676-686.
- Wagner, W. & Beitel, J. 1993. Lycopodiaceae. In *Flora of North America* (M. Windham, ed.). Oxford University Press. EEUU. v. 1, p. 18-37.