

## ***Lycopodites* (Lycopodiidae, Lycopodiales): un nuevo integrante de las floras triásicas de la Argentina**

Marisol BELTRÁN<sup>1</sup>, Josefina BODNAR<sup>1,2</sup> & Eliana Paula COTUREL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División Paleobotánica, Museo de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque s/n, B1900FWA La Plata, Buenos Aires, Argentina; e-mail: meduself@hotmail.com; jbodnar@fcnym.unlp.edu.ar; ecoturel@fcnym.unlp.edu.ar. <sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

**Abstract:** *Lycopodites* (Lycopodiidae, Lycopodiales): A new integrant of the Triassic floras from Argentina. The record of Mesozoic lycophytes from Argentina is scarce, for this reason the finding of new samples is significant for the knowledge of the fossil biodiversity. In this contribution, stems of herbaceous lycophytes coming from Barreal Formation (Anisian, Middle Triassic, San Juan Province) and Potrerillos Formation (Carnian, Upper Triassic, Mendoza Province) are described. The fossil from Barreal is a fragment of a delicate dichotomous stem, covered by helically arranged microphylls, of which only the basal zone was preserved. The microphyll bases are rhomboidal, with straight to slightly concave margins, of uniform size, and have a central leaf scar of circular to ovate shape, inside of which the vascular bundle scar is observed. The Potrerillos specimen corresponds to a delicate dichotomous stem covered by isophyllous microphylls, elliptical, adpressed, helically arranged. Both samples are assigned to the genus *Lycopodites* due to their size, the type of phyllotaxis, the absence of ligule and the microphyll morphology, but they are not related to a species entity as a consequence of the scarce preserved material. Within the herbaceous lycophytes, the studied fossils show greater affinity to the Lycopodiales, since they exhibit isophyllous axes. This work constitutes the first description of the genus *Lycopodites* in Argentina and the first record for the Triassic of South America. Their occurrence would indicate high moisture local conditions, and would coincide with the regional paleoclimatic interpretations which propose a humidity increase in the lapses Anisian-early Ladinian and Carnian.

**Key words:** Herbaceous lycophytes, Mesozoic, Barreal Formation, Potrerillos Formation.

**Resumen:** El registro de licófitas del Mesozoico argentino es escaso, por lo que el hallazgo de nuevos ejemplares es de gran importancia en el conocimiento de la biodiversidad fósil. En esta contribución se describen tallos de licófitas herbáceas provenientes de la Formación Barreal (Anisiano, Triásico Medio, provincia de San Juan) y de la Formación Potrerillos (Carniano, Triásico Superior, provincia de Mendoza). El fósil de Barreal es un fragmento de tallo delicado, dicótomo, cubierto por microfílos, dispuestos helicoidalmente, de los que sólo se preservó la zona basal. Las bases de los microfílos son romboidales con bordes rectos a suavemente cóncavos, de tamaño uniforme, y poseen una cicatriz foliar central circular a ovada, en el interior de la que se observa la marca del haz vascular. El espécimen de Potrerillos corresponde a un tallo delicado, dicótomo, cubierto por microfílos isófilos, elípticos, adpresos, dispuestos helicoidalmente. Ambos ejemplares son asignados al género *Lycopodites* debido a su porte, el tipo de filotaxis, la ausencia de lígula y la morfología de los microfílos, pero no son vinculados a una entidad específica como consecuencia del escaso material preservado. Entre las licófitas herbáceas, los fósiles estudiados presentan mayor afinidad con las Lycopodiales, ya que poseen ejes isófilos. Este trabajo constituye la primera descripción del género *Lycopodites* en Argentina, y la primera cita en el Triásico de Sudamérica. Su registro indicaría condiciones de alta humedad locales, y coincidiría con las interpretaciones paleoclimáticas regionales que proponen un incremento de la humedad en los lapsos Anisiano-Ladiniano temprano y Carniano.

**Palabras clave:** Licofitas herbáceas, Mesozoico, Formación Barreal, Formación Potrerillos.

### INTRODUCCIÓN

Las licófitas (Subclase Lycopodiidae) conformaron un grupo exitoso en el pasado, formando parte de las paleofloras más antiguas, e.g. con la

presencia de *Asteroxylon* en las flora del Chert de Rhynie (Devónico Temprano de Escocia, Edwards *et al.*, 2018) y el registro de *Baragwanathia* en el yacimiento de Yea, Victoria (Silúrico Tardío?-Devónico Temprano de Australia, Rickards,

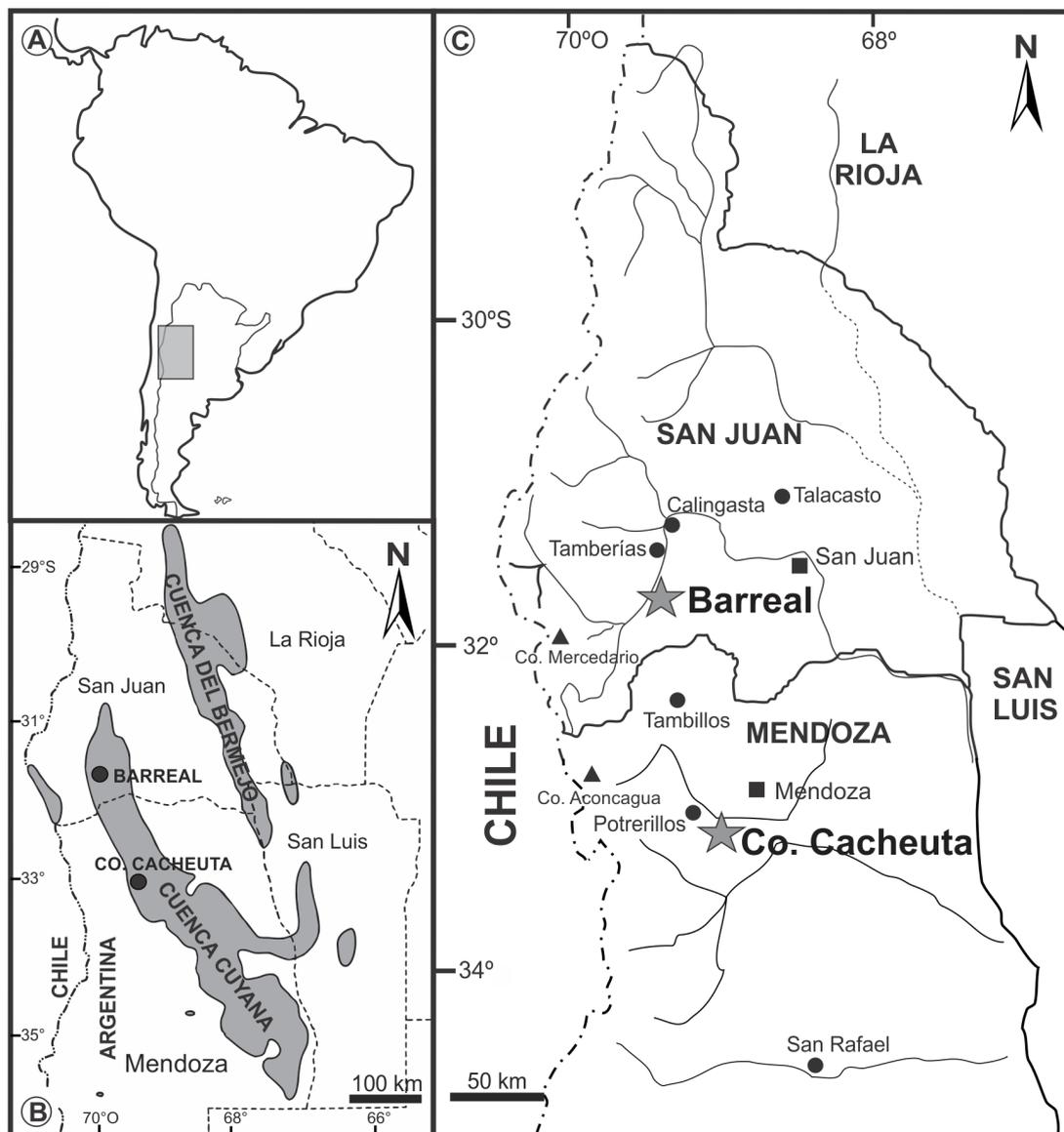


Fig. 1. A, Mapa de ubicación de la región centro-oeste de la Argentina en América del Sur. B, Principales cuencas triásicas del centro-oeste de la Argentina (Modificado de Stipanovic & Marsicano, 2002). C, Ubicación de los depocentros de Barreal y Cerro Cacheuta.

2000). En la actualidad están representadas por 1.200 especies, pertenecientes a tres linajes independientes (*i.e.* Lycopodiales, Isoetales y Selaginellales) (Arana *et al.*, 2011; Christenhusz *et al.*, 2011).

La historia de las licófitas comienza probablemente en el Silúrico Tardío (Gensel & Edwards, 2001). De los tres grupos que llegan a la actualidad, el clado de las Isoetales tiene el registro fósil más destacado, ya que fueron elementos

importantes en los bosques carboníferos del hemisferio norte y en las paleocomunidades carbonífero-pérmicas del Gondwana (Archangelsky *et al.*, 1981; Mussa, 2000). Durante la crisis del fin del Pérmico ocurre una significativa extinción de las formas arborescentes de las Isoetales, sin embargo, algunos miembros persistieron, como es el caso de las Pleuromeiaceae, que caracterizan la recuperación post extinción del Triásico Temprano a Medio (Taylor *et al.*, 2009). Por su

parte, las formas herbáceas, representadas por las Lycopodiales y Selaginellales, lograron traspasar este límite llegando a la actualidad (Skog & Hill, 1992; Zamuner et al., 2001).

El orden Lycopodiales contiene una sola familia, Lycopodiaceae, que incluye plantas de porte pequeño, herbáceas, de hábito rastrero o apoyante y epífitas, con micrófilos escamosos, uninervios, de distribución helicoidal, que cubren densamente el tallo, isosporadas y carentes de lígula (Judd et al., 2002). Esta familia, cosmopolita hoy en día con una mayor diversidad en regiones tropicales, tuvo una distribución más restringida en el pasado geológico (Taylor et al., 2009). El registro limitado podría estar atribuido a la dificultad de determinar correctamente los taxones de Lycopodiaceae, debido a: (1) la semejanza con otros grupos, e.g. ramas de coníferas, musgos y hepáticas foliosas (Seward, 1910; Harris, 1961), (2) la fragilidad del material que dificulta una buena preservación, (3) la falta de ambientes de sedimentación adecuados para su fosilización y (4) las dificultades de vincular los restos palinológicos con los megafósiles. La escasez de fósiles prejurásicos de Lycopodiaceae podría estar atribuida a que las formas modernas hacen su aparición en el Jurásico-Cretácico, y que su diversidad actual sería el resultado de eventos evolutivos análogos a los que afectaron a las angiospermas y los helechos de la familia Polypodiaceae (Skog & Hill, 1992).

En este trabajo, se describen fósiles asignados al género *Lycopodites* (Orden Lycopodiales) provenientes del Triásico de la cuenca Cuyana, en las provincias de San Juan y Mendoza, centro-oeste de la Argentina (Figs. 1A, B). Para esta región, se reconoce durante el Triásico al género cosmopolita *Pleuromeia* Corda in Germer 1852 y otros elementos del clado de las Isoetales (Zamuner et al., 2001; Coturel et al., 2016), pero, en general, los registros mesozoicos de estas plantas son escasos en la Argentina. Es por esto que el hallazgo de nuevos ejemplares de licófitas, y en particular de las Lycopodiales, es de marcada relevancia en el conocimiento de la biodiversidad fósil para Argentina y sudoeste de Gondwana.

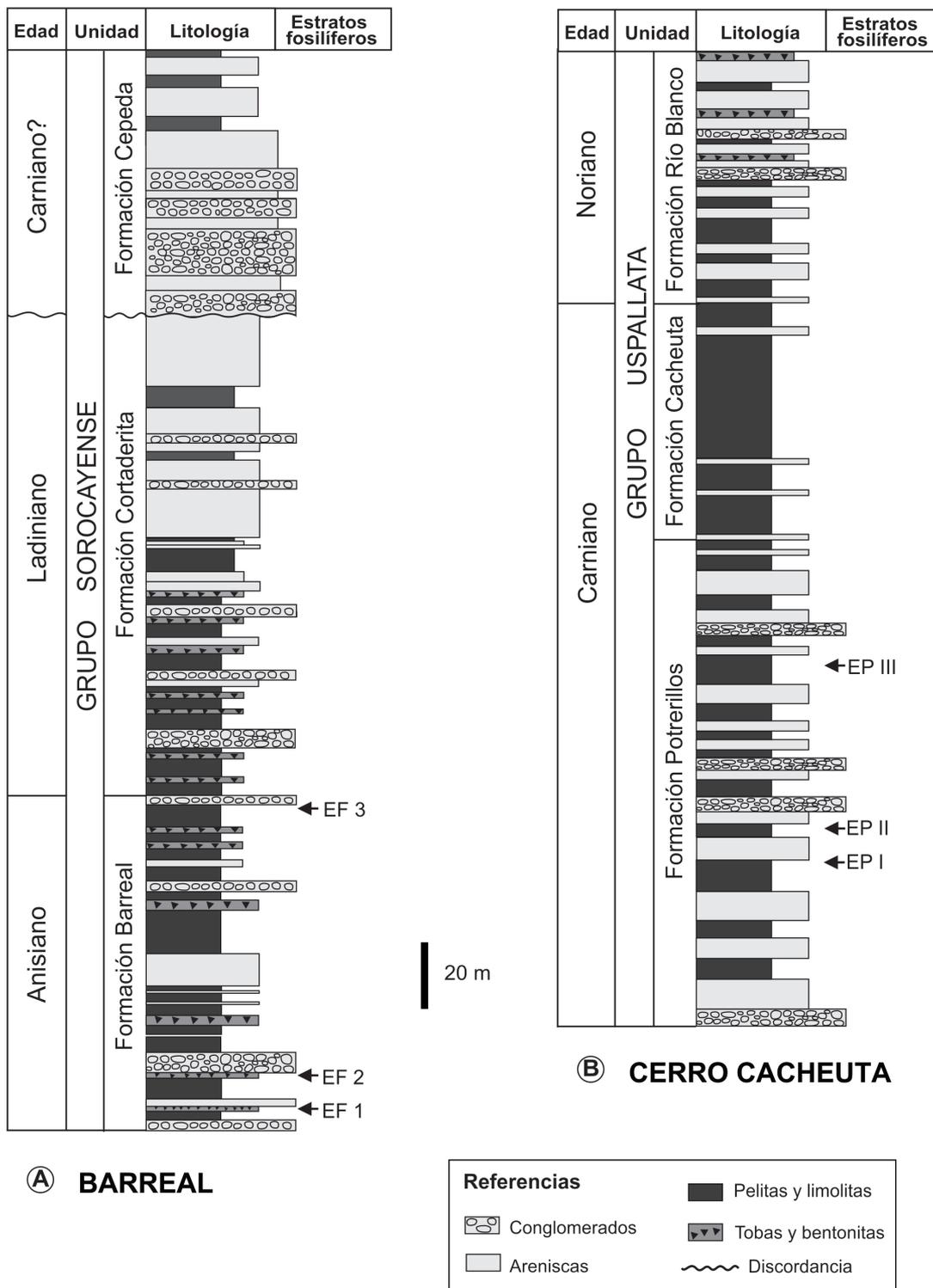
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Marco geológico

La cuenca Cuyana cubre una superficie aproximada de 30.000 km<sup>2</sup> en las provincias de San Juan y Mendoza, localizada en el centro-oeste de la Argentina entre los 32° y 36° de latitud sur (Zencich et al., 2008) (Fig.1A-C). Corresponde a

una cuenca de tipo rift compuesta de norte a sur por una sucesión de subcuencas o depocentros (Kokogian et al., 1993; Spalletti, 2001).

En la provincia de San Juan se reconoce el depocentro de Barreal (Fig. 1C), cuyas sedimentos triásicos conforman el Grupo Sorocayense (Mésigos, 1953), integrado, de base a techo, por las formaciones Barreal (Groeber & Stipanovic, 1953), Cortaderita (Groeber & Stipanovic, 1953) y Cepeda (Groeber & Stipanovic, 1953) (Fig. 2A). La Formación Barreal se caracteriza por depósitos silicoclásticos, volcanoclásticos y piroclásticos. La parte inferior está compuesta por conglomerados polimícticos con estratificación horizontal y entrecruzada, intercalados con cuerpos lenticulares de areniscas, y areniscas finas y limolitas edafizadas. Hacia el techo, esta unidad presenta arcilitas, limolitas y areniscas limosas grises intercaladas con algunos cuerpos tabulares y lenticulares de areniscas y conglomerados finos. A lo largo de la formación, pero más común hacia el techo, hay bentonitas y tobas rosadas y verdes que portan abundante material fosilífero vegetal. La Formación Barreal fue interpretada como sistemas fluviales meandrosos gravoso-arenosos de alta sinuosidad, con un incremento en los depósitos de lluvias de cenizas hacia el techo que podrían haber causado estancamiento del sistema depositacional (Bodnar et al., en prensa) (Fig. 2A). Esta formación fue asignada al Triásico Medio temprano (Anisiano) de acuerdo con su contenido fosilífero y sus correlaciones estratigráficas (Morel et al., 2003; Bodnar et al., en prensa). Se reconocieron tres estratos plantíferos (EF1 y 2) en esta unidad, dos en la parte inferior (EF1 y 2) y uno en la superior (EF3) (Bodnar et al., 2018, en prensa) (Fig. 2A). En el sector mendocino, se reconoce, entre otros, el depocentro del Cerro Cacheuta (Fig. 1C), el cual corresponde a un sector marginal de la cuenca, representado estratigráficamente por una secuencia incompleta del Grupo Uspallata (Groeber, 1947) conformado por la sección superior de la Formación Potrerillos (Truempy & Lhez, 1937) y las Formaciones Cacheuta (Truempy & Lhez, 1937) y Río Blanco (Fossa Mancini, 1937) (Fig. 2B). La sección aflorante de la Formación Potrerillos en el Cerro Cacheuta se caracteriza por presentar un neto dominio de psamitas, con pelitas subordinadas, ocasionales niveles de carbón, y una escasa participación de las fracciones psefiticas. Esta sucesión habría sido depositada por sistemas fluviales meandriformes de carga mixta, en algunos casos asociados a planicies de inundación con recurrentes episodios de desborde de canales y en otros,



**(A) BARREAL**

**(B) CERRO CACHEUTA**



Fig. 2. Columnas estratigráficas generalizadas de los depocentros de Barreal (A) y Cerro Cacheuta (B), en los que indican los estratos fosilíferos de las formaciones Barreal y Potrerillos, respectivamente. Tomados y modificados de Bodnar *et al.* (2018) (A) y de Morel (1994) (B).

con una planicie mal drenada y cuerpos de agua estancados, conformando sistemas palustres (Morel, 1994) (Fig. 2B). De acuerdo con su contenido fosilífero, correlaciones estratigráficas y dataciones radimétricas, se considera que la parte superior de la Formación Potrerillos corresponde al Triásico Tardío temprano (Carniano) (Morel et al., 2001, 2003). En esta unidad se identificaron tres niveles fosilíferos EPI, II y III (Morel, 1994) (Fig. 2B).

### Tareas de campo

Los materiales estudiados corresponden a dos fósiles de tallos, uno proveniente de la Formación Barreal, Grupo Sorocayense, y otro de la Formación Potrerillos, Grupo Uspallata.

El ejemplar de la Formación Barreal fue hallado en un viaje de campo por una de las autoras del presente trabajo (J.B.) en la quebrada de Un Salto, a 4 km de la ciudad de Barreal, depocentro de Barreal, en el sudoeste de la provincia de San Juan (Fig. 1B,C). Se encuentra preservado como una compresión, en areniscas limosas bentoníticas grises masivas, y proviene del estrato plantífero EF3 (Bodnar et al., en prensa) (Fig. 2A).

El fósil proveniente de la Formación Potrerillos fue recolectado en un viaje de campo realizado en la década de 1980 por el Dr. E. Morel, en la localidad Puesto Míguez, en el depocentro de Cerro Cacheuta, en el noroeste de la provincia de Mendoza (Fig. 1B,C). El ejemplar estudiado proviene del EP II y se preservó como una impresión-compresión en areniscas finas grises masivas (Fig. 2B).

### Tareas de gabinete

Las muestras fueron limpiadas mecánicamente con cinceles, agujas y lápiz neumático. Para su ilustración, se las fotografió con cámara digital Canon EOS Rebel T3i y luz rasante, y se realizaron dibujos con una tableta gráfica digitalizadora Wacom Intuos CTL4100. Los caracteres morfológicos fueron estudiados con lupa binocular Leica DM 2500 y fotografiados con sistema Leica DC 150 y cámara digital Canon Powershot S40.

Los materiales están depositados en las Colecciones Paleobotánicas del Museo de La Plata y del Museo de Ciencias Naturales de San Juan, bajo los números LPPB 12023 y PBSJ 1052, respectivamente.

En la descripción de los ejemplares, se aplicaron los términos brindados por el diccionario de botánica de Font Quer (1982) y Harris & Harris (2001). Se utilizaron calibres para medir sobre el fósil, y reglillas de la lupa binocular.

En el tratamiento nomenclatural se utilizó el *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants* (Shenzhen Code, Turland et al., 2018). Se siguió el criterio sistemático de Christenhusz et al. (2011) a nivel de subclase, orden y familia.

## SISTEMÁTICA PALEOBOTÁNICA

Subclase Lycopodiidae Bek.

Orden Lycopodiales DC. Ex Bercht. & J.Presl

Familia Lycopodiaceae P. Beauv. Ex Mirb.

Género *Lycopodites* Lindley & Hutton 1833

**Especie tipo.** *Lycopodites falcatus* Lindley & Hutton *emend.* Harris 1961

El género *Lycopodites* Lindley & Hutton 1833 se aplica a licófitas herbáceas similares al género actual *Lycopodium* (Doubinger et al., 1995). El nombre genérico *Lycopodites* fue utilizado por primera vez por Brongniart (1822) para describir ejemplares de edad cenozoica constituidos por ejes de tercer orden con pequeñas hojas en forma de escamas (*i.e.* *Lycopodites squamatus* Brongniart 1822), los cuales más tarde fueron determinados como fragmentos de ramas de coníferas (Seward, 1910; Taylor et al., 2009). En descripciones más recientes, este género incluye tallos o ejes, con filotaxis helicoidal y, si presentan esporangios en la cara adaxial de los micrófilos, estos son solitarios u organizados en estróbilos isosporados (Salvi et al., 2008; Taylor et al. 2009). Por su parte, Thomas (1992) sugirió restringir el uso de *Lycopodites* a un género *incertae sedis* que comprende ejes estériles, y aceptar que está delimitado por parámetros artificiales, ya que varios autores han asignado taxones idénticos o muy similares a *Lycopodites*, *Selaginellites* y *Selaginella*.

### cf. *Lycopodites* sp.

Fig. 3A-E

**Descripción.** Fragmento de un tallo delicado, probablemente rastrero, de 1,8 cm de largo y 0,7 cm de ancho, ramificado dicotómicamente (Fig. 3A). Cada una de las ramificaciones mide 0,3 cm y 0,4 cm de ancho. La superficie del tallo se encuentra cubierta por micrófilos, de arreglo helicoidal denso, de los que sólo se preservó la zona basal (Fig. 3C). Las bases de los micrófilos tienen una morfología romboidal alargada con bordes rectos a suavemente cóncavos y miden 3 a 4,5 mm de altura y 1 a 2 mm de ancho. En

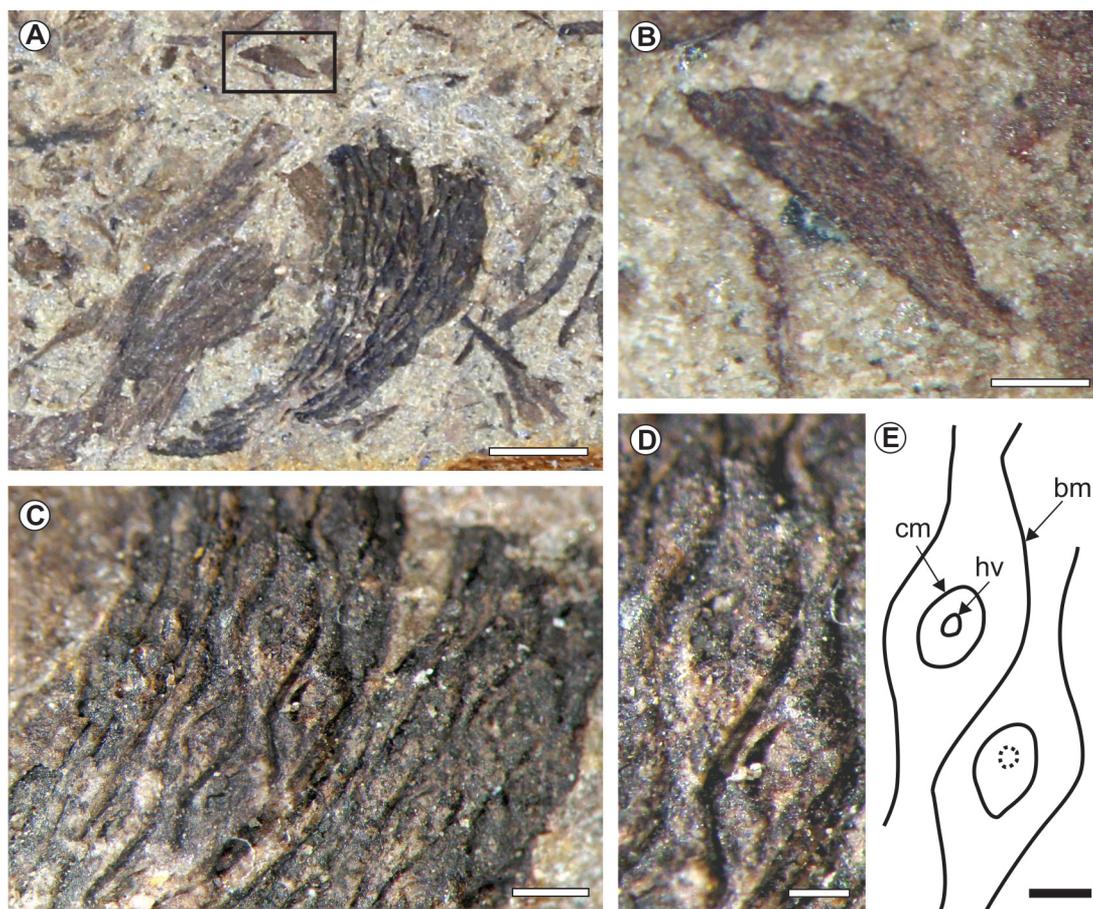


Fig. 3. A-E, cf. *Lycopodites* sp. A (PBSJ 1052); A, Vista general del tallo dicótomo, y de uno de los micrófilos asociados (rectángulo); B, Detalle del micrófilo asociado al tallo indicado en A. C, Detalle de la superficie del tallo cubierta por las bases de los micrófilos; D, Detalle de la morfología de dos bases de los micrófilos; E, Diagrama de D; bm=base del micrófilo, cm=cicatriz del micrófilo; hv= haz vascular. Escalas gráficas: A=5 mm, B, C= 1mm; D, E= 0,5 mm

la zona central de las bases de los micrófilos se observa una cicatriz circular a ovada, de 0,5 mm de diámetro, que representa la zona de ruptura del micrófilo (Fig. 3D, E). En el interior de algunas de estas cicatrices se pudo identificar una marca circular, de 0,1 a 0,2 mm de diámetro, que correspondería al haz vascular (Fig. 3D, E). Se hallaron micrófilos dispersos que podrían pertenecer al tallo descrito, de morfología falcada (Fig. 3A, B). No se han encontrado estructuras reproductivas asociadas.

**Material estudiado.** PBSJ 1052.

**Horizonte estratigráfico.** EF3, Formación Barreal, Triásico Medio temprano (Anisiano), Grupo Sorocayense.

**Localidad.** Quebrada de Un Salto, depocentro de Barreal, cuenca Cuyana, provincia de San Juan, Argentina.

**Comentarios.** El ejemplar es comparable a una licófita herbácea por su tamaño y el hábito rastrero, dado que se interpreta que corresponde al sector del tallo que crecía de manera horizontal y al ras del suelo. Aunque las bases de los micrófilos recuerdan a las presentes en las licófitas del clado de las Isoetales, pudiéndose confundir con ramas distales de *Lepidodendraceae*, se diferencian en que no poseen lígula, paricnos, ni lámina infrafoliar. Para la misma localidad y estrato fosilífero, Frenguelli (1944) describió *Lepidanthium sporiferum* Feistmantel 1876, un taxón basado en un fragmento que preserva la parte inferior del estróbilo y una parte del tallo, este último con superficie estriada longitudinalmente. Esta especie más tarde fue comparada y vinculada por Retallack (1997) a *Nathorstiana* Richter 1909, una licófita de base

cormosa, tallo reducido y una corona apical de esporofilos; lo que ubicaría a *Lepidanthium sporiferum* dentro del clado de las Isoetales y lejos de las características citadas para el material en estudio. Otro taxón de licófito presente en el Triásico de Argentina es el género *Pleuromeia* (Isoetales, Pleuromeiaceae) (Brea, 2000; Morel & Povilaukas, 2002; Morel et al., 2010; Coturel et al., 2016; Cariglino et al., 2018) caracterizado por un tallo erguido, más o menos reducido, con base cormosa, bases foliares rómbicas, de disposición laxa y un estróbilos apical. Estas características difieren de las observadas en el ejemplar analizado, el cual es más pequeño, con tallo rastrero y bases de los micrófilos alargadas y densamente dispuestas. Kustatscher et al. (2010) describieron el género *Lycopia* Kustatscher, Wachtler & Van Konijnenburg-Van Cittert 2010 para el Triásico de Italia, el cual se caracteriza por presentar un tallo rastrero, bases foliares romboidales y filotaxis helicoidal. Si bien estos caracteres son generalizados y son compartidos con el material del Triásico de Barreal, el tamaño de *Lycopia* es notablemente mayor, ya que los ejes alcanzan 50 cm de largo y 6 cm de ancho, mientras que el fósil estudiado alcanza apenas 2 cm de largo y menos de 1 cm de ancho. Por lo anteriormente expuesto, el ejemplar de Barreal es comparable al género *Lycopodites*, pero no puede ser asignado de manera certera a este taxón debido a que es un material fragmentario, y a la ausencia de esporangios y de micrófilos en conexión orgánica. Sin embargo, de las especies de *Lycopodites* en las que fue descrita la morfología de las bases de los micrófilos (Tabla 1), la especie *L. seawardi* Nathorst 1897 muestra una forma semejante (romboidal) al ejemplar estudiado, pero de acuerdo a las ilustraciones originales, tienden a ser isodiamétricas en vez de alargadas verticalmente como en el espécimen de Barreal.

***Lycopodites* sp.**

Fig. 4A-C

**Descripción.** Tallo dicótomo que alcanza 3,4 cm de longitud y 0,4 cm de ancho, cuya ramificación llega a los 2,3 cm de largo (Fig.4A). Se encuentra cubierto por micrófilos elípticos, adpresos, de filotaxis helicoidal, que miden de 3,5 a 2 mm de longitud y 1 mm de ancho, disminuyendo hacia el ápice (Fig.4A, B). Cada micrófilo presenta una depresión ancha que lo recorre longitudinalmente, que podrían corresponder a la vena (Fig.4B, C).

**Materiales estudiados.** LPPB 12023.



Fig. 4. A-C, *Lycopodites* sp. B (LPPB 12023); A, Vista general del ejemplar, la flecha señala la ramificación dicotómica B, Detalle de los micrófilos, C, Diagrama de B. Escalas gráficas: A= 5 mm, B, C= 2 mm.

**Horizonte estratigráfico.** EP II, Formación Potrerillos, Triásico Tardío temprano (Carniano), Grupo Uspallata.

**Localidad.** Cerro Cacheuta, cuenca Cuyana,

Tabla 1. Comparación entre los fósiles estudiados y las especies más representativas de *Lycopodites*.

Taxones	Edad	Procedencia	Ramificación	Longitud de los ejes	Ancho de los ejes	Microfósiles	Esporangios	Referencias
<i>cf. Lycopodites</i> sp.	Triásico Medio	Argentina	Dicotómica	18mm	7mm	No preservados	No preservados	Este trabajo
<i>Lycopodites</i> sp.	Triásico Tardío	Argentina	Dicotómica	34 mm	4 mm	Isófilos, elípticos, adpresos 2-3,5 mm de largo	No preservados	Este trabajo
<i>Lycopodites niograndensis</i>	Pérmico Temprano	Brasil	No preservada	6,82-46,22 mm	0,73 - 2,28 mm	Redondeados-lanceolados 0,63-5,84 mm de largo	Ovado-elípticos 0,78-3,21 mm de largo, 0,09-1,47 mm de ancho	Salvi <i>et al.</i> (2008)
<i>Lycopodites</i> sp.	Pérmico Temprano	Brasil	No preservada	45 mm	2,5 mm	Falcados, decurrentes, 2 mm de largo	Ovados pedicelados, 0,6 mm de diámetro	Salvi <i>et al.</i> (2008)
<i>Lycopodites schnei</i>	Triásico	India	No preservada	23 mm	3 mm	Lineares filamentosos, 3-4 mm de largo	No preservados	Lele (1962)
<i>Lycopodites trichiatius</i>	Jurásico Temprano	Siberia	Dicotómica	35 mm	1 mm	Triangulares alargados, con ápice subagudo, 3,5 mm de largo	No preservados	Frolov & Mashchuk (2014)
<i>Lycopodites baikalensis</i>	Jurásico Medio	Siberia	Dicotómica	20 mm?	0,5 mm	Falcados con ápice agudo, 1-1,2 mm de largo	No preservados	Frolov & Mashchuk (2014)
<i>Lycopodites subulifolius</i>	Jurásico Medio	Siberia	Dicotómica	20 mm	0,5 mm	Alezado, base decurrente y ápice agudo, 3,5-6 mm de largo	No preservados	Frolov & Mashchuk (2014)
<i>Lycopodites arberi</i>	Jurásico	Nueva Zelanda	No preservada	50 mm	7 mm	Ovado-cordadas o falcadas-mucronadas, 2,5-4,5 mm de largo	No preservados	Edwards (1934); Oliver (1950)
<i>Lycopodites gracilis</i>	Jurásico	India, Australia	Dicotómica <i>anisótoma</i>	20 mm	2-3 mm	Ovados-lanceolados decurrentes, anisófilos	No preservados	Seward & Sahni 1920; Rigby (1978)
<i>Lycopodites falcatus</i>	Jurásico Tardío	Inglaterra	Dicotómica	70 mm?	1-2 mm	Adpresos isófilos (tallo principal); falcados anisófilos (ramas laterales)	Redondeados, 0,75 mm de diámetro	Lindley & Hutton (1833)
<i>Lycopodites hannahensis</i>	Jurásico Medio-Cretácico Temprano	Inglaterra	Dicotómica	59 mm	4 mm	Lineares, filiformes, 0,3 -6 mm de largo	No preservados	Harris (1976), Thomas (2017)
<i>Lycopodites sewardi</i>	Jurásico Temprano-Cretácico Tardío	Noruega	Dicotómica	30 mm?	5 mm?	Pequeños, adpresos, imbricados	No preservados	Nathorst (1897)
<i>Lycopodites victoriae</i>	Jurásico-Cretácico Temprano	Australia	Dicotómica	18 mm	6 mm	Falcados, 2 mm de largo	No preservados	Seward (1904)
<i>Lycopodites ghoshii</i>	Cretácico	India	No preservada	4-36 mm	1,3-4,5 mm	Triangulares, con base decurrente y ápice, algunos adpresos 0,8-2 mm de largo.	No preservados	Bose <i>et al.</i> (1983)
<i>Lycopodites</i> sp.	Cretácico Tardío	Nueva Zelanda	Dicotómica	6 mm?	0,19-0,24 mm	Elípticos, sésiles, ápice recto a acuminado, 0,8-1,2 mm de largo	No preservados	Mays <i>et al.</i> (2015)

provincia de Mendoza, Argentina.

**Comentarios.** El porte, la ausencia de lígula y la presencia de micrófilos uninervios, permiten la asignación al género *Lycopodites*. El espécimen presenta similitudes con *Lycopodites sewardi* Nathorst del Jurásico-Cretácico de Noruega, por el tamaño general de los ejes y los micrófilos adpresos. Sin embargo, en la especie europea, los micrófilos son mucho más pequeños que en el material de Potrerillos, y por ello no es asignado a dicha especie. Debido a que se cuenta con un solo ejemplar, y no se han preservado los esporangios, se prefiere dejar abierta la asignación específica.

## DISCUSIÓN

### Afinidad sistemática de *Lycopodites*

Se ha sugerido que varias especies del género *Lycopodites* tendrían una afinidad con el orden Lycopodiales, e.g. *L. falcatus* Lindley & Hutton 1833 *emend.* Harris 1961, *L. victoriae* Seward 1904 (Harris, 1961; Douglas, 1973). En el caso de los ejemplares estudiados, la ausencia de estróbilos homospóricos o heterospóricos preservados, impide asignarlos con seguridad a Lycopodiales o Selaginellales, respectivamente. Sin embargo, las bases de los micrófilos de tamaño uniforme en el ejemplar de Barreal y los micrófilos isófilos en el fósil de Potrerillos sugieren su afinidad con las Lycopodiales (*cf.* Harris, 1961)

### Registros de *Lycopodites* en Sudamérica

Para América del Sur, los registros de *Lycopodites* son escasos. Se ha descrito en Brasil *L. amazonica* (Dolianiti, 1967) para el Devónico Medio, y *Lycopodites* sp. y *Lycopodites riograndensis* (Salvi *et al.*, 2008) para el Pérmico Temprano. De esta manera, los fósiles estudiados constituyen la primera cita del género *Lycopodites* para el Mesozoico de Sudamérica.

### Inferencias paleoclimáticas

Las licófitas tienen un ciclo biológico donde la fase gametofítica es dependiente del agua, y esta sensibilidad determina la presencia de estas plantas en ciertos ecosistemas, siendo formas subordinadas presentes en el sotobosque, ya que les proporciona refugio contra la radiación solar generando sitios umbríos y húmedos (Martínez & Prado, 2013). Las Lycopodiaceae ocupan un amplio rango de hábitats y exhiben una diversidad de formas de vida que incluye trepadoras, pequeñas semi-acuáticas deciduas, rastreas robustas, formadoras de macollos y epífitas péndulas (Arana *et al.*, 2017). La mayoría de las

Lycopodiaceae necesita alta humedad para prosperar (Rusea *et al.*, 2009).

Tanto la Formación Barreal como la Formación Potrerillos han sido interpretadas como sistemas fluviales (Morel, 1994; Bodnar *et al.* en prensa) con planicies de inundación asociadas. Por otro lado, existe un consenso general en considerar que durante el Triásico, el clima en Argentina era subtropical estacional, con cambios en la humedad, variando desde árido, semi-árido, sub-húmedo a húmedo (Spalletti *et al.*, 2003; Bodnar *et al.*, 2018). Recientemente, se ha propuesto que ocurrieron tres episodios de incremento en la humedad: uno en el Triásico Medio (Anisiano-Ladiniano temprano), otro en el Triásico Tardío temprano (Carniano) y otro en el Triásico Tardío tardío (Noriano tardío-Retiano) (Bodnar *et al.*, 2018). Los fósiles estudiados se encuentran preservados en los depósitos correspondientes a las planicies de inundación de las Formaciones Barreal y Potrerillos. En este subambiente, la presencia de licófitas sugiere condiciones de humedad alta, al menos locales. Asimismo, coinciden con los dos primeros intervalos de incremento de humedad propuestos para el Triásico, por lo que estos hallazgos no sólo indicarían condiciones de alta humedad locales, sino que coinciden con las interpretaciones paleoclimáticas regionales.

## CONCLUSIONES

Los fósiles estudiados presentan caracteres que permiten relacionarlos con las licófitas herbáceas del orden Lycopodiales. Aunque se cuenta con poco material, se pudo asignar los ejemplares al género *Lycopodites*, con dudas en el caso de la licófitas de Formación Barreal y con certeza en el caso de la proveniente de la Formación Potrerillos. Cabe destacar que el presente trabajo constituye la primera mención del género en Argentina, y la primera cita para el Triásico de Sudamérica.

La presencia de estas plantas indicaría condiciones de alta humedad locales, y coincidiría con las interpretaciones paleoclimáticas regionales que proponen un incremento de la humedad en los lapsos Anisiano-Ladiniano temprano y Carniano en el centro-oeste de Argentina.

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen especialmente al Dr. Eduardo Morel quien brindó el fósil de la Formación Potrerillos y fotografías del mismo.

Este trabajo fue subsidiado por los proyectos UNLP807 y PICT 2014-2751. Asimismo, las autoras quieren expresar su agradecimiento a los revisores anónimos y al Comité Editor de la revista por sus valiosas sugerencias que mejoraron sustancialmente el trabajo.

### BIBLIOGRAFÍA

- Arana, M.D., J.J. Morrone, M. Ponce & A.J. Oggero. 2011. Licofitas (Equisetopsida: Lycopodiidae) de las Sierras Centrales de Argentina: un enfoque panbiogeográfico. *Gayana Botánica* 68 (1): 16-21.
- Arana, M.D., H.A. Gonzalez, M. Bonifacino & C.A. Brussa. 2017 A Revision of Lycopodiaceae from Uruguay. *International Journal of Advanced Research in Botany* 3 (4): 24-39.
- Archangelsky, S., C.L. Azcuy & R.H. Wagner. 1981. Three dwarf lycophytes from the Carboniferous of Argentina. *Scripta Geologica* 64:1-35.
- Bodnar, J., J.M. Drovandi, E.M. Morel & D.G. Ganuza. 2018. Middle Triassic dipterid ferns from west-central Argentina and their relationship to palaeoclimatic changes. *Acta Palaeontologica Polonica* 63 (2): 397-416.
- Bodnar, J., A. Iglesias, C.E. Colombi & J.M. Drovandi (en prensa). Stratigraphical, sedimentological and paleofloristic characterization of Sorocayense Group (Triassic) in Barreal Area, San Juan Province, Argentina. *Andean Geology* 45 (3).
- Bose, M.N., J. Banerji & B.N. Jana. 1984. Mesozoic plant remains from Gardeshwar, Gujarat. En: Sharma, A.K., G C Mitra & M. Banerjee (eds.), *A.K. Ghosh Commemoration Proceedings of the Symposium on Evolutionary Botany and Biostratigraphy Volume*, pp. 489-498, Botany Department, Calcutta University, Calcutta.
- Brea, M. 2000. Paleoflora triásica de Agua de la Zorra, Uspallata, provincia de Mendoza, Argentina: Lycophyta y Filicophyta. *Ameghiniana* 37 (2): 199-204.
- Brongniart, A. 1822. Sur la classification et la distribution des végétaux fossiles en général, et sur ceux des terrains de sédiment supérieur en particulier. *Muséum national d'histoire naturelle (Paris), Mémoires* 8: 203-348.
- Cariglino, B., M. Monti & A.M. Zavattieri. 2018. A Middle Triassic macroflora from southwestern Gondwana (Mendoza, Argentina) with typical Northern Hemisphere elements: Biostratigraphic, palaeogeographic and palaeoenvironmental implications. Review of Palaeobotany and Palynology 257:1-18.
- Christenhusz, M.J.M., X.-Ch. Zhang & H. Schneider. 2011. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. *Phytotaxa* 19: 7-54.
- Coturel, E.P., E.M. Morel & D. Ganuza. 2016. Lycopodiopsids and equisetopsids from the Triassic of Quebrada de los Fósiles Formation, San Rafael Basin, Argentina. *Geobios* 49(3): 167-176.
- Dolianiti, E. 1967. Una licopodiacea do Devoniano do Amazonas. En: *Simpósio Sobre A Biota Amazônica*, Belém, Atas 1, pp. 141-144.
- Doubinger, J., P. Vetter, J. Langiaux, J. Galtier & J. Broutin. 1995. *La flore fossile du Basin houiller de Saint-Étienne. Tome 164 Paléobotanique*. Mémoires du Muséum d'Historie Naturelle, Paris, 357 pp.
- Douglas, J.G. 1973. The Mesozoic floras of Victoria. Part 3. *Geological Survey of Victoria Memoirs* 29: 1-310.
- Edwards, W.N. 1934. Jurassic plants from New Zealand. *Annals and Magazine of Natural History* 7: 81-109.
- Edwards, D., P. Kenrick & L. Dolan. 2018. History and contemporary significance of the Rhynie cherts—our earliest preserved terrestrial ecosystem. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 373 (1739): 20160489.
- Feistmantel, O. 1876. Jurassic (Oolitic) flora of Kach. Fossil flora of the Gondwana System. *Geological Survey of India, Palaeontologia Indica* XI (2): i-iv+1-80+plates I-XII.
- Font Quer, P. 1982. *Diccionario de Botánica*. 8ª reimpression. Editorial Labor, Barcelona, 1244 pp.
- Fossa-Mancini, E. 1937. Las investigaciones geológicas de YPF en la provincia de Mendoza y algunos problemas de estratigrafía regional. *Boletín de informaciones petroleras* 14 (154): 51-118
- Frenguelli, J. 1944. Contribución al conocimiento de la flora del Gondwana Superior en la Argentina, XXVII, *Lepidanthium sporiferum* Feist. sp.?. *Notas del Museo de La Plata, Paleontología* 9: 531-537.
- Frolov, A. & I. Mashchuk. 2014. A new species of extinct genus *Lycopodites* from Lower to Middle Jurassic sediments of Irkutsk coal basin (Eastern Siberia). *Global Geology* 1: 1-10.
- Gensel, P. & D. Edwards (eds.). 2001. *Plants Invade the Land. Evolutionary and Environmental Perspectives. Critical Moments & Perspectives in Paleobiology and Earth History Series*. Columbia University Press, New York. xi + 304 pp.
- Groeber, P. 1947. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70. 4. Hojas Barda Blanca y Los Molles. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina* 2: 409-433.
- Groeber, P. y Stipanovic, P.N. 1953. *Triásico*. En: Geografía de la República Argentina, II. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA, pp. 71-72.
- Harris, T.M. 1961. *The Yorkshire Jurassic Flora. 1 Tallophyta-Pteridophyta*. Trustees of the British Museum (Natural History), London, 212 pp.
- Harris, T.M. 1976. A slender upright plant from Wealden sandstones. *Proceedings of the Geologists' Association* 87: 413-422.
- Harris, J.G. & M. W. Harris. 2001. *Plant Identification Terminology: An Illustrated Glossary. 2<sup>nd</sup> Edition*. Spring Lake Publishing, Payson, 206 pp.
- Judd, W.S., C.S. Campell, E.A. Kellogg & P.F. Stevens. 2002. *Plant Systematics – A Phylogenetic Approach*. Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachussets, 464 pp.
- Kokogián, D.A., F. Fernández Seveso & A. Mosquera

1993. Las secuencias sedimentarias triásicas. En: Ramos, V.A. (ed.), *Relatorio Geología y Recursos Naturales de Mendoza. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Actas 1 (7): 65-78.
- Kustatscher, E., M. Watchler & J. Van Konijnenburg-Van Cittert. 2010. Lycophytes from the Middle Triassic (Anisian) locality Kühwiesenkopf (Monte Prà della Vacca) in the Dolomites (northern Italy). *Palaeontology* 53(3): 595-626
- Lele, K.M. 1962. Studies in the Indian Middle Gonwana Flora. 2. Plant Fossils from the South Rewa Gondwana Basin. *The Palaeobotanist* 10: 69-83.
- Lindley, J. & W. Hutton, 1833. The Fossil Flora of Great Britain, Vol. 2. 223 pp. Ridgeway, London.
- Mays, C., A.-M. P. Tosolini, D.J. Cantrill & J.D. Stilwell. 2015. Late Cretaceous (Cenomanian–Turonian) macroflora from the Chatham Islands, New Zealand: Bryophytes, lycophytes and pteridophytes. *Gondwana Research* 27: 1042-1060.
- Martínez, O.G. & D.E. Prado. 2013. Distribución fitogeográfica de helechos y licófitas en el valle de Lerma (Salta-Argentina). *Chloris chilensis, Revista chilena de flora y vegetación* 16 (2): 1-19.
- Mésigos, M.G. 1953. El Paleozoico Superior de Barreal y su continuación austral, Sierra de Barreal, Provincia de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 8 (2): 65-109.
- Morel, E.M. 1994. El Triásico del Cerro Cacheuta, Mendoza (Argentina). Parte 1: Geología, contenido paleoflorístico y cronoestratigrafía. *Ameghiniana* 31 (2): 161-176.
- Morel, E.M., A.E. Artabe, A.M. Zavattieri & J. Bonaparte. 2001. Cronología del Triásico de Argentina. En: Artabe, A.E., E.M. Morel & A.B. Zamuner (eds.), *El Sistema Triásico de Argentina*, pp. 227-253, Fundación Museo de La Plata “Francisco Pascasio Moreno”, La Plata.
- Morel, E.M., A.E. Artabe & L.A. Spalletti. 2003. The Triassic floras of Argentina: Biostratigraphy, Floristic events and comparison with other areas of Gondwana and Laurasia. *Alcheringa* 27 (3): 231-243.
- Morel, E.M. & L. Povilauskas. 2002. Addenda a la flora triásica de la Formación Potrerillos en el cerro Cacheuta, provincia de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana* 39 (4): 501-503
- Morel, E.M., A.E. Artabe, D.G. Ganuza & A. Zúñiga. 2010. La paleoflora triásica del cerro Cacheuta, provincia de Mendoza, Argentina: Bryopsida, Lycopsidea, Sphenopsida, Filicopsida y Gymnospermopsida (Corystospermales y Peltaspermales). *Ameghiniana* 47 (1): 3-23.
- Mussa, D. 2000. Paleobotánica. En: Carvalho I.S. (ed.), *Paleontologia*, pp. 231-326, Interciência, Rio de Janeiro.
- Nathorst, A.G. 1897. Zur mesozoischen Flora Spitzbergens gegründet auf die Sammlungen der schwedischen Expeditionen. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar* 30 (1): 1-77.
- Oliver, W.R.B. 1950: The fossil flora of New Zealand. *Tuatara* 3: 1-11.
- Retallack, G. 1997. Earliest Triassic origin of *Isoetes* and quillwort evolutionary radiation. *Journal of Paleontology* 7 (3): 500-521.
- Rickards, R. 2000. The age of the earliest club mosses: the Silurian *Baragwanathia* flora in Victoria, Australia. *Geological Magazine* 137 (2): 207-209.
- Rigby, J.F. 1978. Jurassic plant fossils from the Walloon Coal Measures at Rosewood Consolidated Colliery. *Queensland Government Mining Journal* 78: 320-325.
- Rusea, G., K. Claysius, S. Runi, U. Joanes, K.M. Haja Maideen & A. Latiff. 2009. Ecology and distribution of Lycopodiaceae Mirbel in Malaysia. *Blumea* 54 (1-3): 269-271.
- Salvi, J., A. Jasper, F. Ricardi-Branco, M.E.C. Bernardes-De-Oliveira & M. Guerra-Sommer. 2008. Record of the genus *Lycopodites* in the Lower Permian of Paraná Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 80 (3): 553-563
- Seward, A.C. 1904. On a collection of Jurassic plants from Victoria. *Records of the Geological Survey of Victoria* 1: 155-211.
- Seward, A.C. 1910. *Fossil Plants: A Text-book for Students of Botany and Geology. Vol. 2.* Cambridge University Press, Cambridge, xxii+624 pp.
- Seward, A.C. & B. Sahni. 1920. Indian Gondwana plants: A revision. *Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica (N.S.)* 7: 1-55.
- Skog, J.E. & C. Hill. 1992. The Mesozoic Herbaceous Lycopsidea. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 79 (3): 648-675.
- Spalletti, L.A. 2001. Evolución de las cuencas sedimentarias. En: Artabe, A.E., E.M. Morel & A.E. Zamuner (eds.), *El Sistema Triásico en la Argentina*, pp. 81-101. Fundación Museo de La Plata “Francisco P. Moreno”, La Plata.
- Spalletti, L.A., A.E. Artabe & E.M. Morel. 2003. Geological factors and evolution of southwestern Gondwana Triassic plants. *Gondwana Research* 6 (1): 119-134.
- Stipanovic, P.N. & C.A. Marsicano. 2002. *Léxico Estratigráfico de la Argentina: Triásico, Volumen VIII, Serie “B” (Didáctica y Complementaria)*. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, 370 pp.
- Taylor, T.N., Taylor, E.L. y Krings, M., 2009. Paleobotany. The Biology and Evolution of Fossil Plants. 2nd edition, Academic Press, Burlington/Elsevier, Amsterdam, 265 pp
- Thomas, B.A. 1992. Paleozoic Herbaceous Lycopsidea and the Beginnings of Extant *Lycopodium* Sens. Lat. and *Selaginella* Sens. Lat. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 79: 623-631
- Thomas, B.A. 2017. The occurrence of *Lycopodites hannahensis* Harris in the Yorkshire Jurassic together with details of its anatomy. *Proceedings- Yorkshire Geological Society* 61(4): 281.
- Turland, N.J., J.H. Wiersema, F.R. Barrie, W. Greuter, D.L. Hawksworth, P.S. Herendeen, S. Knapp, W.-H. Kusber, D.-Z. Li, K. Marhold, T.W. May, J. McNeill, A.M. Monro, J. Prado, M. J. Price & G.F. Smith (eds.). 2018. *International Code of Nomenclature for*

- algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017*. Regnum Vegetabile 159, Koeltz Botanical Books Glashütten.
- Truempy, E. y Lhez, R. 1937. División estratigráfica de los terrenos aflorantes en la región comprendida entre Luján de Cuyo, Potrerillos y Tupungato. Boletín de Informaciones Petroleras 14: 39-56.
- Zamuner, A.B., A.M. Zavattieri, A.M. Artabe y E.M. Morel. 2001. Paleobotánica. En: Artabe A.E., E.M. Morel & A.B. Zamuner (eds.), *El Sistema Triásico de Argentina*. Fundación Museo de La Plata "Francisco Pascasio Moreno", pp. 143-184.
- Zencich, S., Villar, H. y Bogetti, D., 2008. Sistema petrolero Cacheuta-Barrancas de la Cuenca Cuyana, provincia de Mendoza, Argentina. Sistemas Petroleros de las Cuencas Andinas, Cruz, C., Rodríguez, J., Hechem, J. y Villar, H., eds. IAPG. VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: 109-134.

Doi: 10.22179/REVMACN.20.599

Recibido: 26-VII-2018  
Aceptado: 22-XI-2018