

Siraty, una nueva localidad fosilífera con maderas y estípites de la Formación Tacuary (Pérmico superior), Paraguay

L. VALLEJOS LEIZ¹, A. CRISAFULLI¹ & R. HERBST[†]

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste y Centro de Ecología Aplicada del Litoral, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ruta 5, km 2,5, 3400, Corrientes, Argentina. luckilaura59@gmail.com; alexandrarisafulli@hotmail.com

Abstract: Siraty, a new fossiliferous locality with woods and stipes of the Tacuary Formation (upper Permian), Paraguay. Silicified fossil woods and arborescent stems from Siraty, a new fossiliferous locality of the Tacuary Formation (upper Permian), Paraguay, are described. The fern stipe *Twischapteris solmsi* Herbst (Marattiales), and the following taxa of Pinales *Zallesskioxylon uniseriatum* Pant & Singh, *Agathoxylon ningahense* (Maheshwari) Crisafulli & Herbst and *Podocarpoxyylon indicum* (Bhardwaj) Bose & Maheshwari were identified. The assemblage adds to the paleoxylofloristic knowledge of this formation and allows paleobotanical, and paleoecological considerations. These woods grew in a mesophytic-mesoxerophytic forest similar to other coeval formations. Growth rings type "0" (Creber & Chaloner) suggest a paleoenvironment in which moisture and temperature requirements were optimal for growth, without marked seasonality. From the evolutionary point of view, low rays and mixed type pits were identified, with abietinoid trend. The Permian age is confirmed by the typical Neopaleozoic anatomical characters of the found taxa.

Key words: Woods, Permian, Siraty, Tacuary Formation, Paraguay

Resumen: Se describen maderas y estípites silicificados provenientes de Siraty, una nueva localidad fosilífera de la Formación Tacuary (Pérmico superior), Paraguay. Se identificó *Twischapteris solmsi* Herbst (Marattiales) y los siguientes taxones de Pinales: *Zallesskioxylon uniseriatum* Pant & Singh, *Agathoxylon ningahense* (Maheshwari) Crisafulli & Herbst y *Podocarpoxyylon indicum* (Bhardwaj) Bose & Maheshwari. La asociación de leños identificada enriquece el conocimiento paleoxiloflorístico de esta Formación y asimismo permite realizar consideraciones paleobotánicas y paleoecológicas. Estas maderas crecieron en un bosque mesofítico-mesoxerofítico semejante al de otras formaciones coetáneas. Los anillos de crecimiento tipo "0" (Creber & Chaloner), sugieren un paleoambiente en la cual los requerimientos de humedad y temperatura eran óptimos para su crecimiento, sin marcadas estacionalidades. Desde el punto de vista evolutivo, se identificaron radios leñosos bajos y punteaduras espaciadas con tendencia abietinoides. La edad pérmica se confirma por los caracteres anatómicos típicos neopaleozoicos de los taxones encontrados.

Palabras clave: Maderas, Pérmico, Siraty, Formación Tacuary, Paraguay

INTRODUCCIÓN

La Formación Tacuary aflora ampliamente en los departamentos de Guairá, Caaguazú y San Pedro, en las localidades Arroyo Vista Alegre, Arroyo Vino, Cantera Cachimbo, Colonia Independencia y Guavirá (Fig. 1).

La primera contribución xilotaflorística para esta Formación, en el departamento de Guairá corresponde al detallado trabajo realizado por Crisafulli & Herbst (2009) determinando una asociación constituida por leños gimnospérmicos afines a Ginkgoales (*Baieroxylon cicatricum* Prasad & Lele 1984) y Pinales (*Protophyllocladoxylon dolianitii* Mussa 1958,

Podocarpoxyylon paratatifolium Vozenin- Serra & Grant- Mackie 1996, *Australoxylon teixeirae* Marguerier 1973, *Bageopitys herbstii* Crisafulli 2001 y *Prototaxoxylon brasilianum* Kräusel & Dolianiti 1958).

Posteriormente, Leiva Verón *et al.* (2012) dieron a conocer la composición xilotaflorística en la localidad de Guavirá, conformada por *Agathoxylon semibiseriatum* (Pant & Singh) Leiva Verón *et al.* 2012, *Kaokoxylon rioclarense* Mussa ex Crisafulli & Leiva Verón 2012, *Polysolenoxylon whitei* (Maniero) Kräusel & Dolianiti 1958, *Chapmanoxylon jamuriense* Pant & Singh 1987 y *Baieroxylon cicatricum* Prasad & Lele 1984.

En la localidad de Colonia Independencia

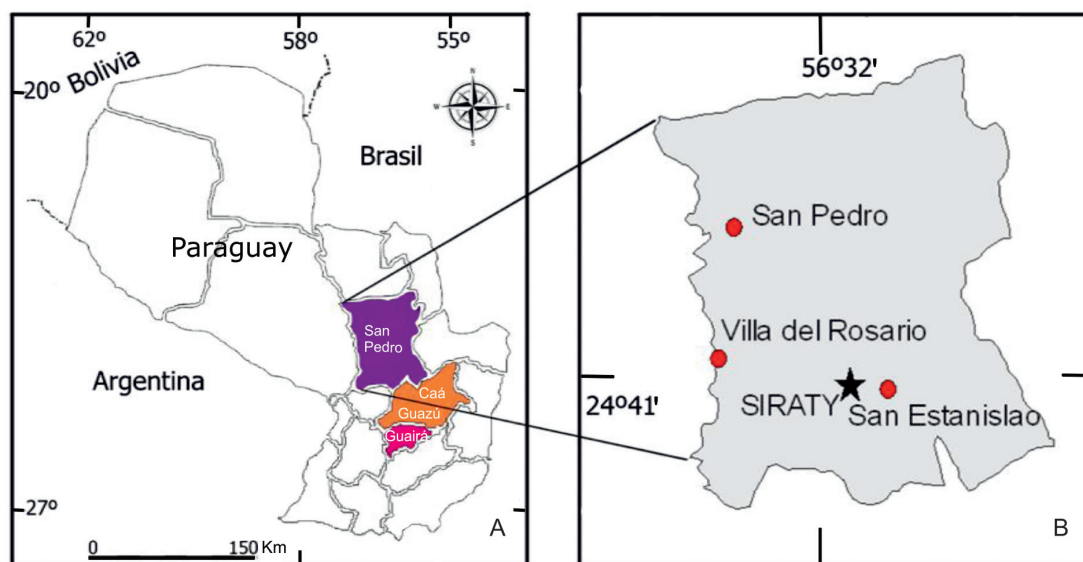


Fig. 1. **A.** Ubicación de los departamentos con afloramientos portadores de maderas fósiles en Paraguay. **B.** Ubicación de la localidad fosilífera de Siraty, en el departamento de San Pedro.

fueron estudiados los estípites de Monilophyta *Guaireia carnieri* (Schuster) Herbst 1981 y *Tuwichapteris solmsi* Herbst 1987, entre otros.

Además de los leños, se reconocen en la Formación impresiones de *Asterotheca* (Herbst & Filippi, 2012) y de otros representantes de Monilophyta (Vieira & Iannuzzi, 2000). Existen también datos palinológicos (González *et al.*, 1995; Muff *et al.*, 1999) que han permitido dataciones y correlaciones con unidades estratigráficas de Brasil y Uruguay. De acuerdo con Vergel (1993) y Pérez Loinaze *et al.* (2010), la Formación Tacuary correspondería a la palinozona de *Striatites* (Pérmico superior).

El hallazgo de las petrificaciones en esta nueva localidad en la que aflora dicha Formación, resulta interesante ya que permite enriquecer el acervo xilológico del Pérmico de Paraguay y establecer consideraciones paleobotánicas, paleoecológicas y su relación con otras xilofloras coetáneas del cono sur de Sudamérica.

Es por ello que el propósito de este trabajo es realizar el primer estudio sistemático de maderas y estípites procedentes de Siraty.

Marco geológico

La estratigrafía y sedimentología de la Formación Tacuary ha sido descrita en diversas contribuciones tales como Jalfin (1986); Muff *et al.* (1999); Filippi & Báez Presser (2002); Báez Presser *et al.* (2004) y Rapalini *et al.* (2006), entre las más importantes. En todos estos trabajos,

la Formación Tacuary es asignada al Pérmico superior, edad también aceptada en aportes paleobotánicos previos.

Los sedimentos del Pérmico superior de Paraguay están representados por el Grupo Independencia, que fuera denominado originalmente como "Serie Independencia" por Harrington (1950) y Eckel (1959), mientras que Putzer (1962) utilizó para la secuencia la nomenclatura de Brasil y la denominó "Serie Passa Dois". En la actualidad se considera al Grupo Independencia constituido cuatro formaciones: San Miguel, Tacuary, Tapytá y Tabacúa (Pérez Loinaze *et al.*, 2010).

Según el Informe del PROYECTO PAR 83/005 (1986) la Formación Tacuary está constituida, por una sucesión rítmica de siltitas, lutitas, areniscas de grano fino y calcáreas, generalmente oolíticas; que representan rocas depositadas en un ambiente marino costero de aguas poco profundas. Se las distingue por presentar una gran variedad de colores, desde rosados (predominantes), rojizos, amarillentos, lilas y grises.

Herbst & Leguizamón (1982, 1984) mencionaron que la sección superior de esta unidad está compuesta por sedimentos constituidos por areniscas cuarzosas blanquecino-grises a rosadas, con estratificación cruzada de origen fluvial, intercaladas por limolitas de colores más oscuros, marrón y gris verdoso.

En la localidad de Siraty donde se encontraron las maderas, la columna sedimentaria tiene

una potencia de 13 metros y está constituida de abajo hacia arriba por una sucesión de areniscas blanquecinas, y rosadas, relativamente blandas, surcadas de “fisuras” que se extienden vertical y horizontalmente; en parte son más masivas, parcialmente calcáreas y más duras, que constituyen los primeros 6,5 m de espesor. Luego le siguen unos 2,5 m de arenisca muy fina, intercalada con numerosas capas de limolitas y arcilitas de colores verdosos y marrones y finalmente los 4 m restantes conformados por areniscas sin “fisuras”, algo calcáreas y con escasas intercalaciones de capas de limolitas verdosas y rojizas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las maderas y los fragmentos de estípites estudiados son ejemplares silicificados, decortificados, con buena preservación de los tejidos. En algunas, se observaron atributos morfológicos de interés tafonómico como “*shearing zones*” (Erasmus, 1976) y “*S-shaped linear rows*” (Maheshwari, 1972).

Los materiales se encuentran depositados en la Colección Paleontológica de la Universidad Nacional del Nordeste “Dr. Rafael Herbst”, Colección Paleobotánica de Corrientes (CTES-PB) y preparados micropaleontológicos (CTES-PMP). Fueron colectados en la década del 70’ por Herbst y Santa Cruz, conjuntamente con pelecípodos e impresiones de plantas y algunas megasporas, en Siraty donde aflora la Formación Tacuary en las cercanías de la ciudad de San Estanislao (Depto. San Pedro, Paraguay). Dicha localidad se ubica a 122 metros sobre el nivel del mar, y sus coordenadas son de 24 ° 41’ 0 “S y 56 ° 32’ 0 “ W (Fig. 1).

Las petrificaciones fueron procesadas de acuerdo con la metodología clásica realizando cortes en las secciones transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial, y pulidos con abrasivos de distinta granulometría hasta un espesor de 40 μm (Hass & Rowe, 1999). Fueron observados y fotografiados en lupa estereoscópica Leica M50 y microscopio Leica DM 500.

Las medidas de los distintos elementos anatómicos se obtuvieron con un mínimo de 30 mediciones, registrándose en las descripciones, primero la media y entre paréntesis los valores mínimos y máximos.

La terminología utilizada corresponde a la lista de caracteres microscópicos para la identificación de maderas blandas de IAWA (2004) y los elementos anatómicos se midieron con los valores establecidos por García Esteban *et al.* (2002, 2003).

SISTEMÁTICA

MONILOPHYTA Kenrick & Crane 1997
MARATTIALES Oliver & Scott 1904
PSARONIACEAE (Unger) Herbst 1986

Tuvichapteris Herbst 1987

Especie tipo. *Tuvichapteris solmsi* Herbst 1987.

Tuvichapteris solmsi Herbst 1987

Fig. 2. A-H

1987. *Tuvichapteris solmsi* Herbst. IV Congreso Latinoamericano de Paleontología, Bolivia, I: 267-282.

Descripción. Fragmento de estípite silicificado de 11 cm de diámetro mayor y 6 cm de diámetro menor, de color marrón oscuro, (PB-CTES 6038) mostrando en la superficie pulida transversal una porción caulinar y una porción del manto radicular en los bordes (Fig. 2. A). De contorno oval, solo ha preservado una aurícula (*sensu* Herbst, 1987) que corresponde a una de las áreas interpeciolares (Fig. 2. B). Bordeando internamente la aurícula se presenta una gruesa vaina de esclerénquima que rodea al parénquima con meristelas caulinares en distintos estadios de desarrollo. No hay una organización cíclica aparente de las mismas. Las meristelas caulinares son de forma ovalada o en forma de C y de tamaño variado, con un diámetro medio de 1,5 cm (Fig. 2. C). Cada una de ellas también está rodeada de vainas de esclerénquima (Fig. 2. D). Hacia la periferia del estípite se observan las trazas radicales. Las mismas son protostelas actinostélicas ya que tienen una forma ligeramente estrellada y miden en promedio 0,1 cm de diámetro. Rodeando las trazas se observa la endodermis como una capa de células dispuesta de modo compacto. (Fig. 2. E.). En la sección delgada transversal (PMP-CTES 3551), se distinguen 8 raíces adventicias, sin organización cíclica aparente (Fig. 2. F). Son exarcas, con grupos protoxilemáticos ubicados en los ápices de cada brazo y el metaxilema ubicado centralmente. En la sección estudiada, pudieron reconocerse trazas radicales con 5-10 brazos. Las mismas están dispuestas en el parénquima homogéneo radical y rodeadas por anillos de esclerénquima. Las células metaxilemáticas de las trazas radicales son más o menos isodiamétricas, con un diámetro promedio de 162 x 158 μm , siendo más grandes que las células del parénquima. Las células del protoxilema son más pequeñas, con pa-

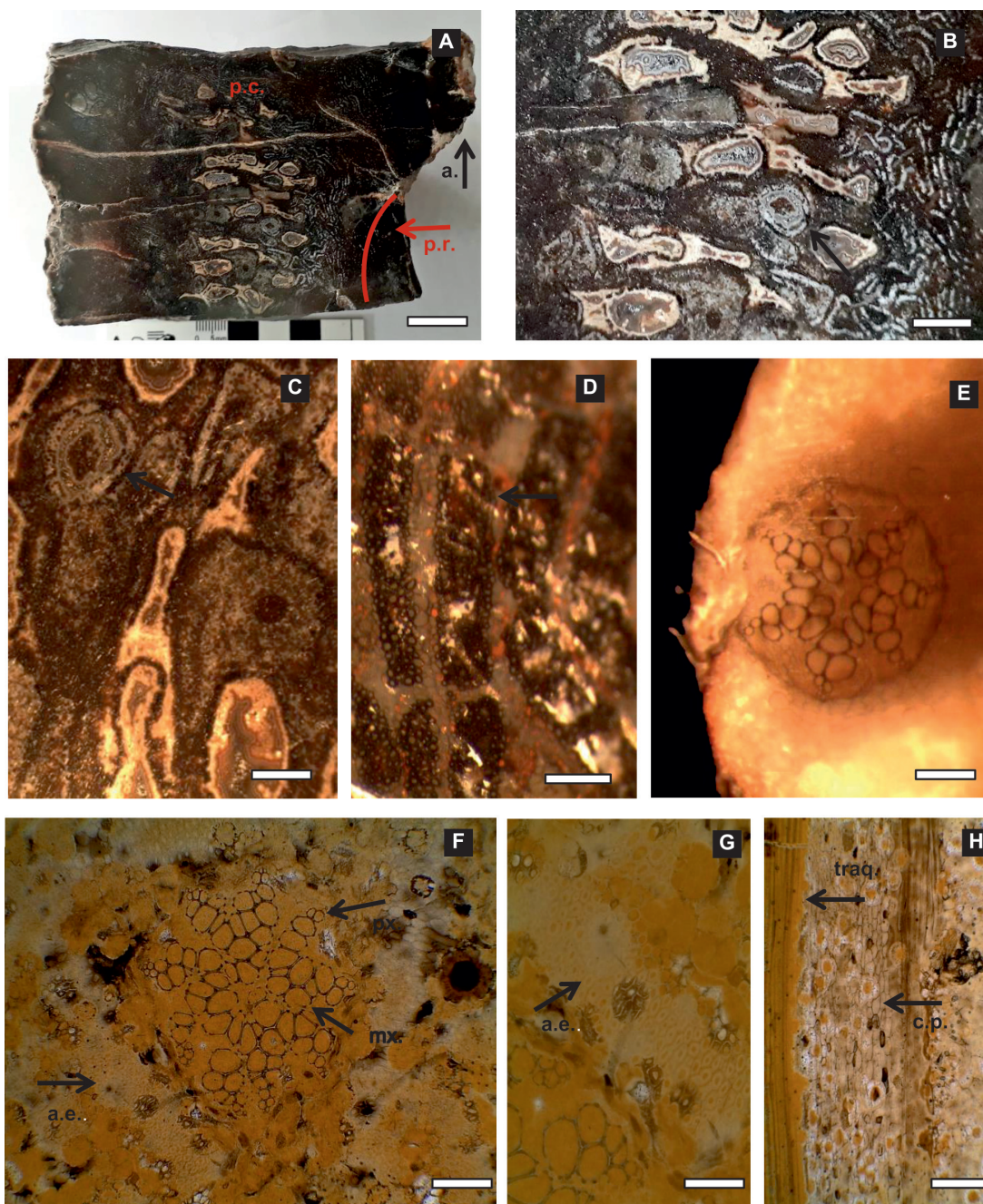


Fig. 2. **A-H.** *Twichapteris solmsi* Herbst CTES-PB 6038. **A-B.** Sección transversal del fragmento de estípite. **A.** Aspecto general del fragmento (**p.c.:** porción caular; **p.r.:** parte radicular; **a.:** aurícula). **B.** Detalle de meristela caular (flecha). **C.** Detalle de meristelas en C. **D.** Detalle de bandas esclerenquimáticas que rodean meristelas. **E.** Traza radicular poliarca de 7 brazos. **F-G.** CTES-PMP 3551. Sección transversal. **F.** Traza radicular rodeada por un anillo banda esclerenquimática (**px:** protoxilema; **mx:** metaxilema; **a.e.:** anillo esclerenquimático). **G.** Detalle de células esclerenquimáticas. **H.** CTES-PMP 3552. Sección longitudinal radial. Traqueidas del xilema primario y células parenquimáticas; **traq.:** traqueidas; **c.p.:** células parenquimáticas. **Escalas:** **A-B:** 0,8 cm; **B:** 0,4 cm, **C:** 0,5 cm; **D:** 0,1 cm; **E:** 0,02 cm; **F:** 300 μ m; **G-H:** 150 μ m.

redes más delgadas y con un diámetro de 48 x 47 μm . El parénquima se presenta como un tejido homogéneo y uniforme. Sus células son generalmente isodiamétricas, de tamaño variable con un diámetro promedio de 70 a 65 μm . Las células esclerenquimáticas de los anillos son isodiamétricas, con un promedio de 60 x 34 μm de diámetro y con paredes engrosadas (Fig. 2. G). En corte longitudinal las células del parénquima son rectangulares a ovoidales, con un tamaño promedio de 84 x 125 μm (Fig. 2. H). Se observan en las paredes de las traqueidas engrosamientos escalariformes en el metaxilema. Hay sectores que muestran restos de oxidación por el tipo de preservación.

Material estudiado. CTES-PB 6038 y CTES-PMP 3551-3552-3553.

Comentarios. La estructura general en meristelas, rodeadas cada una por una banda de esclerénquima, la presencia de raíces y un manto radical de estructura poliarca son características que permiten asignar este material a las Psaroniaceae. En esta familia están incluidos los géneros *Psaronius* Cotta 1832, *Tietea* (Solms-Laubach) Herbst 1987 (Herbst 1987a) y *Twischapteris* Herbst 1987 (Herbst 1987b).

De acuerdo a Herbst los dos primeros presentan una organización en ciclos de las meristelas. *Psaronius* con una organización cíclica regular, con meristelas tabulares y *Tietea* una organización cíclica menos definida y ausencia del parénquima peciolar (Herbst, 1987a). En cambio, *Twischapteris* no presenta una organización en ciclos definidos. Esta característica es visible en el material estudiado asignado a este género. Otro rasgo distintivo es la organización de las trazas foliares monomeristélicas en *Psaronius* y polimeristélicas en *Tietea* y *Twischapteris*, (Herbst 1987b).

Aunque solamente se preservó una parte del estípite y consiguiente porción del manto radicular, la constitución y distribución de las meristelas caulinares como radicales son similares a las descritas para la especie tipo *Twischapteris solmsi* Herbst 1987. Sin embargo, no se observan en el material el floema y periciclo como sí describe Herbst (1987b) en el holotipo.

Twischapteris Herbst es exclusivamente gondwánico y endémico en la cuenca de Paraná. Ha sido hallado por Herbst (1987b) en otras localidades del Pérmico superior de Paraguay, como en la zona Cantera Cachimbo, Arroyo Tacuara (Formación Tacuary) y también en el departamento de Cerro Largo en Uruguay (Formación Yaguari).

SPERMATOPHYTA Willkomm 1854
PINALES (=CONIFERALES) Gorozhankin
1904
INCERTAE SEDIS

Zallesskioxylon Lepekhina & Yatsenko-Khmelevsky 1966

Especie tipo. *Zallesskioxylon hallei* (Halle) Lepekhina & Yatsenko-Khmelevsky 1966

Zallesskioxylon uniseriatum Pant & Singh 1987
Fig. 3. A-G

1987. *Zallesskioxylon uniseriatum* Pant & Singh: Lámina 6, Figuras 46-53; Figuras 8 A-H: 28, 30, 32.
2002. *Zallesskioxylon uniseriatum* Pant & Singh en Crisafulli: Figuras 2. E-H y 3. B: 48-50.

Descripción. Fragmento silicificado, de leño picnoxílico, con anillos de crecimiento no marcados. Su diámetro mayor es de 10 cm y su diámetro menor es de 7 cm. En sección transversal, se observan sectores distorsionados, en la cual las traqueidas tienden a una disposición en zig-zag ("S-shaped linear rows" sensu Maheshwari, 1972) (Fig. 3. A). Las traqueidas del xilema secundario tienen contorno cuadrangular-ovoidal y un diámetro radial promedio de 82,31 μm (50,09- 29,25 μm) y tangencial de 65,41 μm (47,68- 90,05 μm). El espesor de la pared es de 24,54 μm . En sección radial las paredes de las traqueidas poseen punteaduras areoladas, circulares, uniseriadas (76 %) y biseriadas (24 %), contiguas y alternas (Fig. 3. B-C). Miden un promedio de 16 μm de ancho por 14 μm de largo. Los campos de cruzamiento presentan 1 a 4 punteaduras araucarioides dispuestas en dos hileras. Sin embargo, la aréola no está bien preservada. En sección tangencial el sistema radial es homogéneo. Los radios son homocelulares, uniseriados y bajos (Fig. 3. D-E). La altura promedio de los radios es de 1 célula (40%), de 2 (20%), 3 (20%), 4 (15%) y de 5 (5%). La densidad de los radios es de 4 por 0,02 mm^2 (Fig. 3. D-E). En una parte de esta sección, se observan los radios rodeando a las trazas foliares que preservaron en el centro células parenquimáticas de contorno poligonal. (Fig. 3. F-G).

Material estudiado. CTES-PB 4975 y CTES-PMP 3545-3546-3547.

Comentarios. De acuerdo a los caracteres planteados por Lepekhina & Yatsenko-Khmelevsky (1966), se justifica la asignación del ma-

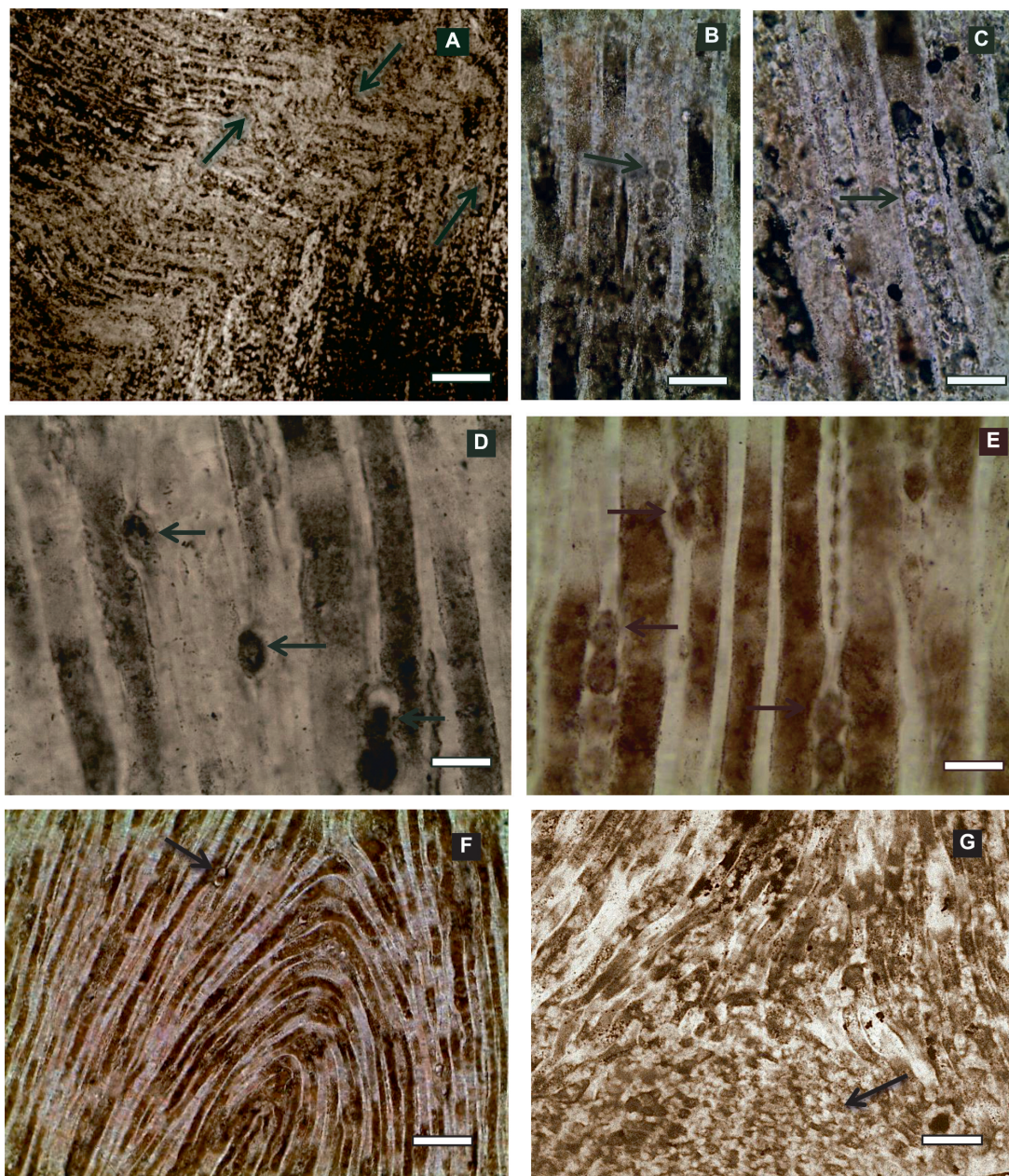


Fig. 3. A-G. *Zaleskioxylon uniseriatum* Pant & Singh. A. CTES-PMP 3545. Sección transversal del xilema secundario en zig-zag. B-C. CTES-PMP 3546. Sección longitudinal radial. B. Punteaduras uniseriadas en las paredes de las traqueidas del xilema. C. Detalle de punteaduras areoladas biseriadas. D-G. CTES PMP 3547. Sección longitudinal tangencial. D-E. Radios uniseriados y bajos (flechas). F. Trayecto de los radios próximos a rodear a una traza foliar (flecha). G. Células parenquimáticas de la traza foliar (flecha). Escalas: A: 400 μm ; B: 40 μm ; C: 70 μm ; C: 140 μm ; D-E: 60 μm ; F: 300 μm ; G: 60 μm .

terial estudiado a *Zaleskioxylon*. Este taxón se caracteriza por el arreglo de las punteaduras radiales de tipo araucarioide y los campos de cruzamiento con punteaduras simples.

Zaleskioxylon se encuentra distribuido en el Pérmico de Gondwana (en yacimientos de India, Pakistán, Sudamérica, Antártida, Islas Malvinas) y está representado por 22 especies.

El ejemplar en cuestión presenta punteaduras araucarioideas, uniseriadas y biseriadas en las paredes radiales de las traqueidas y con alta densidad de radios uniseriados muy bajos. Estos caracteres lo identifican como *Zalesskioxylon uniseriatum* Pant & Singh 1987, registrado por primera vez para la Formación Tacuary en la localidad Siraty.

La especie analizada ha sido citada en la Formación Raniganj del Pérmico superior de India y en la Formación Yaguarí del Pérmico superior de Uruguay (Crisafulli, 2002). *Z. sahani* Lepekhina 1972 también se encontró en el Pérmico superior de Uruguay pero se diferencia de *Z. uniseriatum* por poseer punteaduras uniseriadas en las paredes radiales y radios con 4 células de altura en mayor proporción.

Feng *et al.* (2008) realizaron un exhaustivo trabajo de revisión de las especies de *Zalesskioxylon* adicionando las del Pérmico de China. La particularidad es que poseen anillos de crecimiento no marcados lo que indica, en opinión de estos autores, que vivieron en latitudes bajas y en condiciones climáticas uniformes, tal cual sucede con la especie de Siraty.

ARAUCARIACEAE? Henkel & Hochstetter
1865

Agathoxylon Hartig 1848 *sensu* Philippe
1995

Especie Tipo. *Agathoxylon cordaianum* Hartig
1848

Agathoxylon ningahense (Maheshwari)
Crisafulli & Herbst 2008
Fig. 4. A-G

1964. *Dadoxylon ningahense* Maheshwari: 13, Lámina II, Figuras 7-12.

1972. *Araucarioxylon* cf. *ningahense* Maheshwari: 21-23, Lámina II, Figuras 2-6; Lámina III, Figuras 4; Text Figura 8.

1982. *Australoxylon ningahense* (Maheshwari) Prasad: 142.

1997. *Araucarioxylon ningahense* (Maheshwari) Crisafulli & Lutz, 34: 437-445, Lámina 2, Figuras 1-5, Figura 2.

2008. *Agathoxylon ningahense* (Maheshwari) Crisafulli & Herbst, 45: 737-751. Figuras 6, 8, 1-3, 9.

Descripción. Fragmento de madera silicificada de 15 cm de longitud, por 10 cm de diámetro mayor y 8 cm de diámetro menor. Leño secundario pinoxílico homogéneo, con anillos de crecimiento no marcados y “*shearing zones*” *sensu* Erasmus (1976).

En sección transversal, se hallan sectores del xilema secundario comprimidos formando falsos anillos de crecimiento y “*shearing zones*” (Fig. 4. A). Las traqueidas son de contorno circular-hexagonal, con paredes engrosadas y lumen ovoidal-circular (Fig. 4. B). Su diámetro radial promedio es de 39 μm (30- 42 μm) y el tangencial de 37 μm (32- 52 μm), respectivamente. Los radios son discontinuos y un promedio de 6 traqueidas separan los radios entre sí (Fig. 4. C). En sección longitudinal radial, las traqueidas poseen punteaduras areoladas circulares, uniseriadas (60 %), biseriadas (25 %) y unas pocas triseriadas (5 %) y uniseriadas parcialmente biseriadas (10 %). (Fig. 4. D). Las punteaduras uniseriadas son contiguas o espaciadas, circulares o aplastadas, con un poro central circular (Fig. 4. E). Miden un promedio de 17 μm de ancho por 15 μm de largo, siendo su coeficiente de achatamiento: $e=d E$ (diámetro menor)/ D (diámetro mayor) de 0,88. Las punteaduras biseriadas son circulares a hexagonales, espaciadas o contiguas, alternas o subpuestas y con tendencia a abietinoides. Miden un promedio de 16 μm de ancho por 17 μm de largo (Fig. 4. F-G). Menos frecuentemente se observan punteaduras triseriadas, hexagonales y contiguas, típicamente araucarioideas y algunas punteaduras uniseriadas parcialmente biseriadas. Los campos de cruzamientos tienen punteaduras con la apertura del poro tipo oculíporo. El número de punteaduras varía de 1 a 3, con un promedio de 2 punteaduras, dispuestas por lo general en forma uniseriada. Las punteaduras miden 7,5 μm de diámetro. En sección tangencial los radios son homocelulares, uniseriados y bajos (1-14 células) observándose con mayor frecuencia los de 5 células de altura. Las células centrales de los radios son ovales y elípticas las de ambos extremos, algunas tienen punteaduras uniseriadas.

Material estudiado. CTES-PB 4965 y CTES-PMP 3548-3549-3550.

Comentarios. Este material ha sido identificado como *Agathoxylon ningahense* de acuerdo a los caracteres señalados en Crisafulli & Herbst (2008).

Presenta el leño secundario tipo *Araucarioxylon* Lepekhina & Yatsenko (1966), con punteaduras de tipo araucarioidea en las paredes radiales de las traqueidas y campos de cruzamiento con punteaduras araucarioideas-cupresoides. En este trabajo se apoya el criterio de Bajpai & Singh (1986) de ubicar a *A. ningahense* como una madera afín a Araucariaceae antes que Protopinaceae.

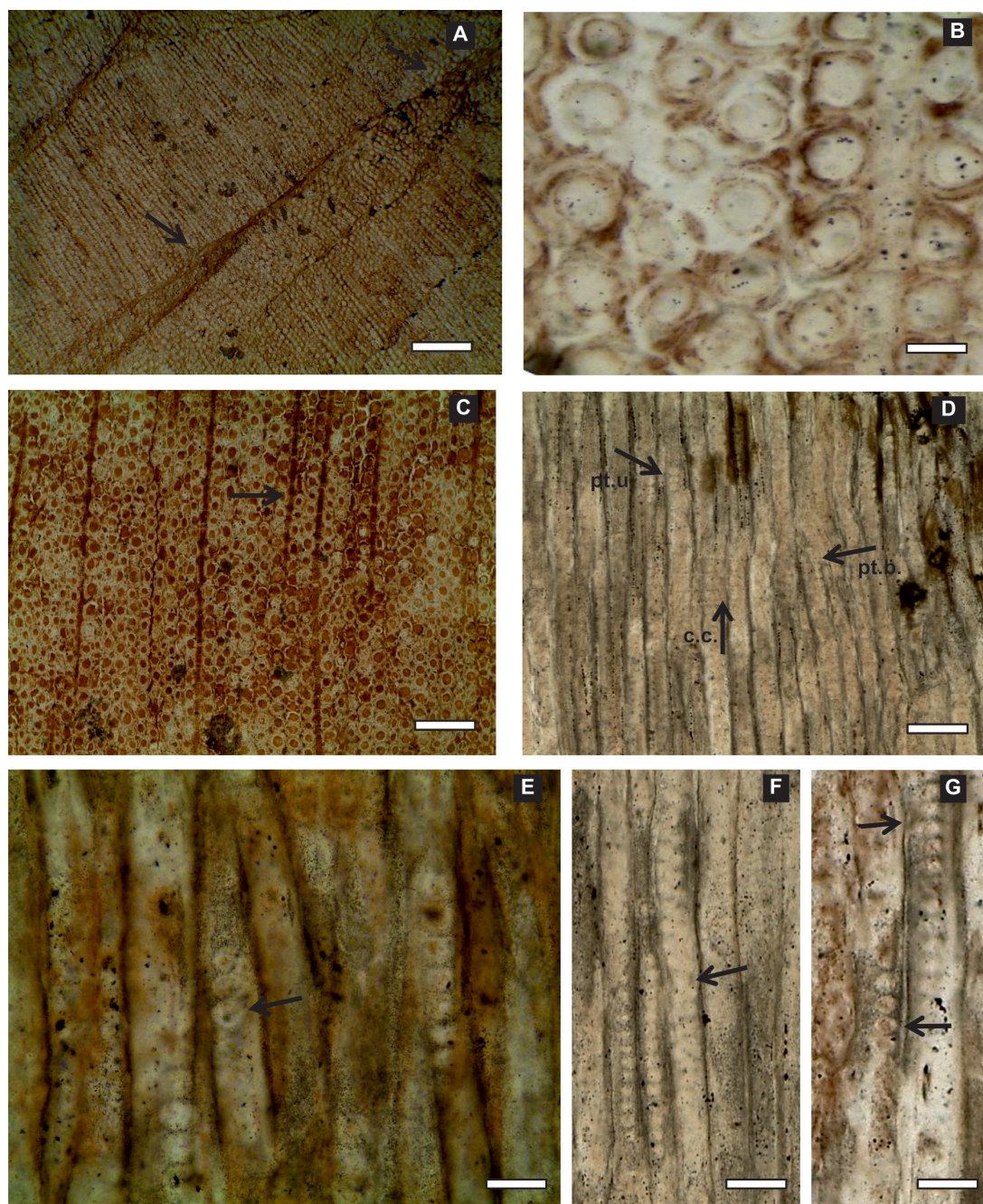


Fig. 4. A-G. *Agathoxylon ningahense* (Maheshwari) Crisafulli & Herbst. A-C. CTES PMP 3548. Sección transversal del leño secundario. A. Falsos anillos de crecimiento y “shearing zones”. B. Detalle de las traqueidas. C. Radios discontinuos. D-G. CTES PMP 3549. Sección longitudinal radial. D. Detalle de las punteaduras en los campos de cruzamiento (c.c.) y punteaduras uniseriadas (pt.u.) y biseriadas (pt.b.). E. Punteaduras uniseriadas. F. Punteaduras uniseriadas parcialmente biseriadas. G. Punteaduras uniseriadas y biseriadas. Escalas: A: 500 μm ; B: 50 μm ; C: 200 μm ; D: 100 μm ; E: 40 μm ; F-G: 60 μm .

Esta especie, *A. kumarpurensis* y *A. bengalense* (Roberts *et al.*, 1997) poseen punteaduras uniseriadas parcialmente biseriadas en las paredes radiales traqueoidales, pero su porcentaje es menor que las típicamente araucarioides (hexagonales en series apretadas) por ello no se las incluye en las Protopinaceae mesozoicas.

Este taxón fósil tiene otros registros en la flora gondwánica. *Agathoxylon ningahense* (originalmente descrito por Maheshwari como *Dadoxylon ningahense*) fue citado para la Formación Raniganj (India) y en la Formación Monte *Glossopteris*, de Antártida como *Araucarioxylon* cf. *ningahense* Maheshwari (1972). También se halló en estratos sudamericanos en la Formación Melo (Pérmico inferior) de Uruguay (Crisafulli & Lutz, 1997) y en la Formación Solca (Pérmico inferior) de La Rioja (Crisafulli & Herbst, 2008). Los ejemplares de la Formación Solca y éste de Siraty difieren principalmente de los de la Formación Melo, en que las punteaduras uniseriadas no son tan espaciadas. Éste es el primer registro de la especie para el Pérmico de Paraguay.

PODOCARPACEAE? Page 1990

Género *Podocarpoxylo* Gothan 1905

Especie tipo. *Podocarpoxylo juniperoides*
Gothan en Gagel 1906.

Podocarpoxylo indicum (Bhardwaj)
Bose & Maheshwari 1974
Fig. 5. A-G

1953. *Mesembrioxylon indicum* Bhardwaj: 59-70, Lámina 1, Figuras 1-6.

1974. *Podocarpoxylo indicum* (Bhardwaj) Bose & Maheshwari: 212- 223.

1997. *Podocarpoxylo indicum* (Bhardwaj) Bose & Maheshwari en Roberts, Bamford & Millstead: 157-168, Figuras. 9 A-D.

2008. *Podocarpoxylo indicum* (Bhardwaj) Bose & Maheshwari en Crisafulli & Herbst: 746, Figuras 8.4-6, 10.1-2 y Figura 11.

2009. *Podocarpoxylo indicum* (Bhardwaj) Bose & Maheshwari en Gnaedinger & Cúneo: 49.

2010. *Podocarpoxylo indicum* (Bhardwaj) Bose & Maheshwari en Crisafulli & Herbst: 8, Figuras 4. 3-4.

Descripción. Fragmento de leño secundario picnoíllico, silicificado, de 11 cm de longitud, 10 cm de diámetro de mayor y 7 cm de diámetro menor, que ha sufrido una compresión de los tejidos. En sección transversal, las traqueidas tienen contorno circular a cuadrangular con las paredes engrosadas. El diámetro promedio radial es de 42 μ m

(31- 60 μ m) y el diámetro promedio tangencial es de 40 μ m (35- 45 μ m). Un promedio de 4 traqueidas (2- 14) separan los radios entre sí (Fig. 5. A). Se registró un falso anillo de crecimiento (Fig. 5. B). En sección longitudinal radial las traqueidas tienen punteaduras uniseriadas (60 %), circulares, areoladas, espaciadas y contiguas (Fig. 5. C-D). Las punteaduras biseriadas (40 %) son circulares contiguas o espaciadas, alternas o subopuestas y con tendencia abietinoide (Fig. 5. E). Miden en promedio de 12 μ m de ancho por 12 μ m de largo. Los campos de cruzamiento presentan punteaduras de tipo cupresoide en número de 2-3 formando un triángulo (Fig. 5. F-G). En sección longitudinal tangencial el sistema radial es homogéneo. Los radios son homocelulares, uniseriados (algunos parcialmente biseriados) y bajos (Fig. 5. H). La altura promedio de los mismos es de 6 células (2-8 células).

Material. CTES- PB 4976 y CTES-PMP 3548-3549-3550.

Comentarios. La disposición de las punteaduras areoladas, circulares, uniseriadas, espaciadas en las paredes de las traqueidas y el detalle de los campos de cruzamiento cupresoides permiten asimilar este ejemplar a *Podocarpoxylo* Gothan (1905). De las numerosas especies neopaleozoicas y mesozoicas de *Podocarpoxylo*, el material de Siraty presenta más afinidades con *P. indicum*. La observación de un falso anillo de crecimiento podría marcar alguna condición de stress hídrico o de sequía (Gourlay, 1995).

Este taxón fue registrado en estratos pérmicos-triásicos de Springfontein en Sud África (Roberts *et al.*, 1997) y para la Formación Solca en La Rioja, Argentina (Crisafulli & Herbst, 2008). También fue citado para el Triásico de la Formación Laguna Colorada en Santa Cruz (Crisafulli & Herbst, 2011) y para el Jurásico de la Formación Cañadón Asfalto de Chubut, (Gnaedinger & Cúneo, 2009). Su biocrón se extiende hasta el Cretácico Inferior de Rajmahall Hills en India, (Bose & Maheshwari, 1974).

En Siraty, se da el primer registro para el Pérmico de Paraguay. No obstante, para esta Formación, Crisafulli & Herbst (2008) han reportado además *P. paralatifolium* Vozenin-Serra & Grant Mackie 1996; ambas maderas afines a las Podocarpaceae.

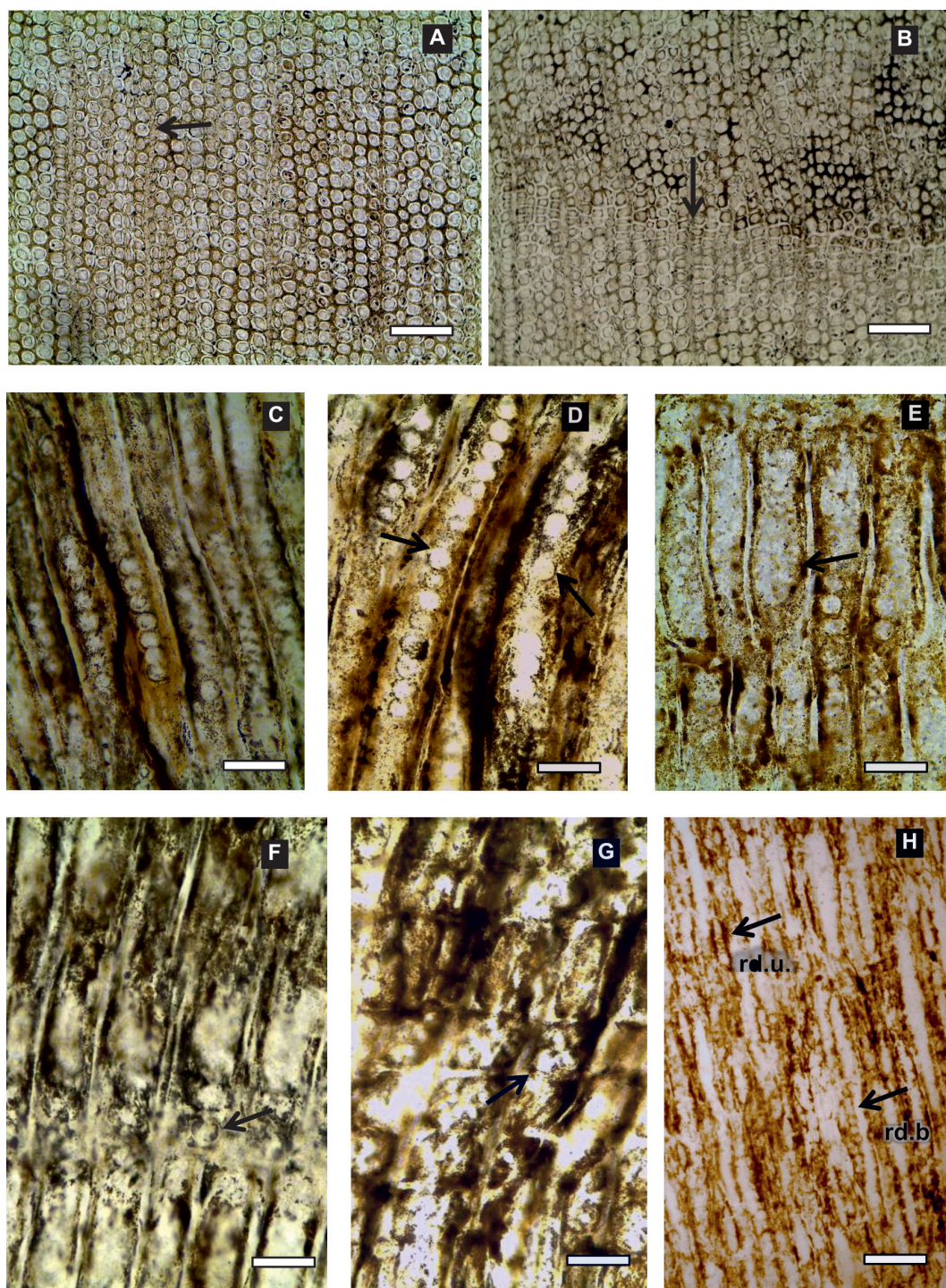


Fig. 5. A-G. *Podocarpoxylon indicum* (Bhardwaj) Bose & Maheshwari. A-B. CTES PMP 3548. Sección transversal. A. Traqueidas y radios del xilema secundario. B. Falso anillo de crecimiento. C-G. CTES PMP 3549. Sección longitudinal radial. C-D. Punteaduras uniseriadas contiguas y espaciadas en las paredes traqueoidales. E. Punteaduras uniseriadas espaciadas (pt.u.) y biseriadas (pt.b.) alternas. F-G. Campos de cruzamientos mostrando la distribución y tipo de punteaduras cupresoides. H. CTES PMP 3550. Sección longitudinal tangencial. Radios uniseriados (rd.u.) y parcialmente biseriados (rd.b.). Escalas: A-B: 200 μm ; C-D: 30 μm ; E-F: 40 μm ; G: 30 μm ; H: 150 μm .

CONSIDERACIONES FINALES

En la presente contribución se describen por primera vez, tres nuevos taxones de leños de Pinales para el Pérmico de Paraguay y una especie de Marattiales en la localidad de Siraty.

En la Tabla 1 se registra la asociación de leños aquí identificada que contribuye a aumentar el conocimiento paleobotánico de la ya citada tafoflora de *Asterotheca*, y tafoxiloflora de Monilophyta, Cordaitales, Pinales y Ginkgoales (Herbst & Filippi, 2012; Crisafulli & Herbst, 2009, Leiva Verón *et al.*, 2012). Posiblemente fueron miembros del estrato arbóreo de un bosque mesofítico a mesoxerofítico semejante al de la Formación Melo donde están citados taxones de Monilophyta y Pinales que crecieron en este tipo de ambiente (Crisafulli & Lutz, 2000). Las especies halladas en Siraty también se encontraron en otras localidades de la Formación Tacuary (Arroyo Tacuara y Calera Cachimbo) y en otras sedimentitas gondwánicas como las de las formaciones Monte Glossopteris, Laguna Colorada, Springfontein y Raniganj mencionadas anteriormente.

Este bosque probablemente se desarrolló cer-

ca de cuerpos de aguas lacustres o en planicies de inundación en virtud de las sedimentitas arenosas-limolíticas que contienen a las maderas. Esta consideración ambiental está sustentada por los datos sedimentológicos aportados por Jalfin (1986) y Muff *et al.* (1999) quienes detallan la presencia de areniscas calcáreas, lutitas y calizas oolíticas que permiten inferir un paleoambiente de una laguna costera conectada al mar como posible ambiente de depositación.

En cuanto a los anillos de crecimiento, los leños analizados corresponden al “tipo 0”, que de acuerdo con Creber & Chaloner (1984), significaría que atravesaron un periodo de crecimiento con todos los requerimientos suficientes para el desarrollo. Por lo tanto, se infiere un clima tropical cálido y húmedo, sin variaciones estacionales pronunciadas. No obstante, los falsos anillos de crecimiento observados en *Agathoxylon ningahense* y en *Podocarpoxyylon indicum* podrían marcar una condición de sequía o stress hídrico estacional (Gourlay, 1995).

Desde el punto de vista evolutivo, los rasgos anatómicos que presentan estos taxones, son los propios de leños del Paleozoico superior. La

Tabla 1. Distribución cronoestratigráfica de las especies halladas en la Formación Tacuary. Abreviaturas: P= Pérmico; T=Triásico; J=Jurásico; K=Cretácico.

Leños de la Fm Tacuary	Paraguay					Argentina	Uruguay				Brasil	Chile	India	Antártida	N. Zelanda	África
	Siraty	C. Cahimbo	Guavirá	A ^o Vino	Otra		Fm. Tres Islas	Fm. Melo	Fm. Yaguari							
<i>Osmundacaulis carnieri</i>					P					P						
<i>Guaierea milleri</i>					P					P						
<i>Twivchapteris solmsi</i>	P	P			P				P							
<i>Zalesskioxylon uniseriatum</i>	P								P				P			
<i>Bageopitys herbstii</i>				P					P	P						
<i>Australoxylon teixeræ</i>				P					P	P			P			P
<i>Protophyllocladoxylon dolianitii</i>				P						P	Tr		P			
<i>Baieroxylon cicatricum</i>			P	P					P	P			Tr/K			P
<i>Prototaxoxylon brasilianum</i>				P		P				P						
<i>Kaokoxylon rioclarensis</i>			P	P						P						
<i>Polysolenoxylon whitei</i>			P			P	P	P		P			P			P
<i>Chapmanoxylon jamuriense</i>			P			P	P			Tr			P	P		
<i>Agathoxylon semibiseriatum</i>			P								Tr		P			
<i>Agathoxylon ningahense</i>	P					P		P					P	P		
<i>Podocarpoxyylon parlatifolium</i>				P											Tr	
<i>Podocarpoxyylon indicum</i>	P					P/Tr/J							K			P/Tr

mayoría de las especies identificadas en la localidad de Siraty, presentan radios leñosos bajos (en orden de 1 a 7 células de altura). Según Giraud (1991) esto supone una disminución con respecto a las maderas del Carbonífero y a algunas Pinales mesozoicas y actuales donde los radios son muy altos en comparación (45 células).

Asimismo, el análisis anatómico de los leños estudiados refleja características típicamente araucarioideas, particularmente en el diámetro de las punteaduras. En la clasificación de Vogelheiner (1968) éstas pertenecen al tipo 1, condición primitiva, típica del Pérmico; de manera similar con las punteaduras en grupos, que son igualmente propias de este período, e incluso del Permo-Triásico, en el Gondwana.

Por otro lado, las punteaduras de tipo araucarioide y otras con tendencia a abietinoide observadas en estos taxones, indican una etapa intermedia entre las formas primitivas del Paleozoico y las del Mesozoico, lo que confirma la edad Pérmico superior de esta xilotaoflora.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la atenta revisión del manuscrito a las Dras. S. Gnaedinger, L. Mautino y S. Contreras y a la Lic. J. Baez la realización de algunas fotografías (CECOAL-CONICET-UNNE, Corrientes). Hacen extensivo este agradecimiento a la dedicada labor del revisor Dr. E. Vera y a la del Comité Editor de esta Revista quienes contribuyeron a mejorar la calidad del mismo con sus acertadas sugerencias.

Este trabajo fue financiado parcialmente por el PI 2014/F014 SGC y T. -UNNE. 2015-2018. "Estudios xilológicos del Pérmico y Triásico del Sur de Sudamérica".

En la elaboración de este trabajo participó el Dr. R. Herbst quien en todo momento brindó a las autoras apoyo, entusiasmo, así como acertados comentarios; por ello, éstas expresan un reconocimiento en su memoria.

BIBLIOGRAFÍA

- Báez Presser J.; Buonghermini, E.; Filippi Amábile, V.; Fernández Crossa, V.; Baéz Almada, A.B.; Zarza Lima P.R. & O. Oporto Migone. 2004. Algunos antecedentes paleontológicos del Paraguay. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Paraguay*, 15 (1-2): 95-110.
- Bajpai, U. & V. Singh. 1986. *Araucarioxylon kumarpurensis*, a new gymnospermous wood from the Upper Permian of West Bengal. *The Palaeobotanist*, 35: 53-56.
- Bose M. & H. Mahaeshwari. 1974. Mesozoic conifers. En: K. Surange, R.N. Lakhanpal y D.Bhardwaj (Eds.), *Aspects and Appraisal of Indian Palaeobotany*, Birbal Sahni Institute of Palaeobotany, Lucknow: 212-223.
- Cotta B. 1832. Die Dendrolithen in Bezug auf ihren inneren Bau. *Arnoldische Buchhandlung*, Dresden.
- Creber, G. & W. Chaloner. 1984. Influence of environmental factor of the wood structure of living and fossil trees. *The Botanical Review*, 50: 358-448.
- Crisafulli, A. 2001. Leños gimnospermicos de la Formación Yaguari. Pérmico Superior (Uruguay). *Ameghiniana* 36: 61-72.
- Crisafulli, A. 2002. Contribución a la paleoxiloflora de la Formación Yaguari, Pérmico Superior de Uruguay. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, n.s.* 4 (1): 45-54. Buenos Aires.
- Crisafulli, A. & A. Lutz. 1997. Leños gimnospermicos de la Formación Melo (Pérmico Inferior), Uruguay. Parte I: *Barakroxylon* Surange y Maithy, 1961 y *Araucarioxylon* Kraus, 1870. *Ameghiniana* 34: 437- 445.
- Crisafulli, A. & A. Lutz. 2000. Xiloflora de la Formación Melo (Pérmico Inferior), Uruguay. *Ameghiniana*, 37: 73-80.
- Crisafulli, A. & R. Herbst. 2008. Maderas Gimnospermicas de la Formación Solca (Pérmico Inferior) La Rioja, Argentina. *Ameghiniana*, 45 (4): 737-751.
- Crisafulli, A. & R. Herbst. 2009. Gymnospermous wood (Coniferales, Taxales and Ginkgoales) from de Upper Permian Tacuary Formation, Eastern Paraguay. *Paleobiodiversity and Palaeoenvironment*, 89: 95-109.
- Crisafulli, A. & Herbst, R. 2011. La flora Triásica del Grupo El Tranquilo, provincia de Santa Cruz (Patagonia): Leños Fósiles. *Ameghiniana* 48 (3). 275-288.
- Crisafulli, A.; Lutz A. & R. Melchor. 2000. Maderas Gimnospermicas de la Formación Carapacha (Pérmico) provincia de La Pampa, Argentina. *Ameghiniana*, 37 (2): 181-191.
- Crisafulli, A.; Herbst R.; Leiva Verón V. & A. Blanco. 2011b. Comparación entre las Xilotaofloras Pérmicas de los países del Cono Sur de Sudamérica. *XXII Congreso Brasileiro de Paleontología*: 230, Natal.
- Crisafulli, A.; R. Herbst; V. Leiva Verón & N. Gómez. 2015. "La xilotaoflora de *Australoxylon* de América del Sur". *XVI Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología*: 20. La Plata.
- Eckel, E. 1959. **Geology and mineral resources of Paraguay.** A reconnaissance. *Professional Papers of the Geological Survey*, 327: 1-110.
- Erasmus, T. 1976. On the anatomy of *Dadoxylon arberi* Seward, with some remarks on the phylogenetical tendencies of its tracheids pits. *Palaeontologia Africana* 19: 127-133.
- Feng, Z.; Wang J. & G. Shen. 2008. *Zalaskioxylon xiaheyense* sp. nov., a gymnospermous wood of the Stephanian (Late Pennsylvanian) from Ningxia, northwestern China. *ScienceDirect*, 33: 219-228.
- Filippi Amábile V. & J. Báez Presser. 2002. Correlación de sedimentos de relleno del rift de Asunción en el valle de Acahay. *Bol. Mus. Hist. Nat. Paraguay*, 14(1-2): 98.105.

- Gagel, C. 1906. Über einige Bohrergergebnisse und ein neues pflanzenführendes Interglazial aus der Gegend von Elmshorn. *Jahrb. Königlich Preubischen Geol. Landesanst.* Bergakad. Berlin 25: 246-281.
- García Esteban, L.; De Palacios de Palacios, P.; Guindeo Casasús, A.; García Esteban, L.; Lázaro Durán I.; González Fernández, L.; Rodríguez Salvador, Y.; Fernández García, S.; Bobadilla Maldonado I. & A. Camacho Atalaya. 2002. *Anatomía e identificación de maderas de coníferas a nivel de especies*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid: 421.
- García Esteban, L.; Guindeo Casasús, A.; Perezza Oramas C. & P. de Palacios de Palacios. 2003. *La madera y su anatomía*. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa, 327. <http://dx.doi.org/10.2307/1930415>.
- Giraud, B. 1991. Les especes du genre *Dadoxylon* depuis 1962: leur répartition et leur évolution du Permien a la fin du Mésozoïque. *Review of Palaeobotany and Palynology* 67: 13-39.
- Gnaedinger, S. & N. Cúneo. 2009. Maderas gimnospermas de la Formación Cañadón Asfalto, Jurásico Medio (Chubut) Argentina. *14º Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología, Resúmenes*: 49.
- González, M.E.; Muff, R.; Vergel, M.; Herbst R. & Z. Fasolo. 1995. Nuevas investigaciones en la sección inferior del Grupo Independencia (Pérmico, Paraguay Oriental). *Geopar*, 1: 38-49.
- Gorozhankin, I. 1904. *Lektsii po morfologii i sistematike archegonialnykh rastenij. II, Pteridophyta, I, Archispermatae*. Moscú. A.I. Mamontov 73-93.
- Gothan, W. 1905. Zur Anatomie lebender und fossiler Gymnospermenhölzer. En: Gagel, H. 1904. Übereinige Bohrungsergebnisse und ein neues pflanzenführendes Interglazial aus der gegend von Elmshorn. *Jahrbuch der Königlich Preussischen geologischen Landesanstalt und Bergakademie zu Berlin* 25: 246-281.
- Gourlay, I. 1995. Growth ring characteristics of some african *Acacia* species. *J. Trop. Ecol.* 11: 121-140.
- Harrington H.J. 1950. Geología del Paraguay. Univ. Bs. Aires, Fac. Cienc. Exactas y Naturales., Contribuciones Científicas, Serie E. *Geología*, Tomo 1: 82.
- Hartig, T. 1848. Beitrag zur Geschichte der Pflanzen und zur Kenntnis der norddeutschen Braunkohlen-Flora. *Bot. Zeitung* (Berlin) 6, 122-128, 137-141, 166-172 and 185-190.
- Hass, H. & N. Rowe. 1999. Thin sections and wafering. En: T.P. Jones & N.P. Rowe (ed.), Fossil plants and spores: modern techniques, *Geological Society*: 76-81. London.
- Henkel, J. & W. Hochstetter. 1865. *Synopsis der Nadelhölzer*. Stuttgart: Verlag der J.G. Cottaschen Buchhandlung.
- Herbst, R. 1972. Nota sobre la presencia de Lycopsidae arborescentes en el Pérmico (Serie Independencia) del Paraguay. *Ameghiniana*, 9: 258-164.
- Herbst, R. 1975. Consideraciones sobre las Dipteridaceae (Filices) del Gondwana. In: Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, 1, San Miguel de Tucumán. *Actas*, vol. 1: 525-535.
- Herbst, R. 1981. Impresiones de megasporas y otros restos plantíferos del Pérmico Superior de Paraguay. *FACENA*, 4: 31-43.
- Herbst, R. 1986a. Studies on Psaroniaceae. I. The family Psaroniaceae (Marattiales) and a redescription of *Tietea singularis* Solmsi-Laubach, from the Permian of Brazil. *Actas IV Congr. Arg. Paleont. Y Bioestratigr.*, 1: 163-171, lám. I-V.
- Herbst, R. 1987a. Studies on Psaroniaceae. 1. The Family Psaroniaceae (Marattiales) and a redescription of *Tietea singularis* Solms-Laubach, from the Permian of Brazil. *Actas IV Congr. Arg. Paleont. y Bioestratigr.*, 1: 163-171. (Mendoza, 1986).
- Herbst, R. 1987b. Studies on Psaroniaceae II. *Twichapteris solmsi* nov. gen et sp. from the Permian of Paraguay and Uruguay. In: Congreso Latinoamericano de Paleontología, 4, Bolivia, *Actas* 1: 267-287.
- Herbst, R. & R. Leguizamón. 1982-1984. La Formación Independencia (Pérmico Superior) del Paraguay: caracteres litológicos y paleontológicos. *FACENA*, 5: 71-87.
- Herbst, R. & P. Gutiérrez. 1995. *Cyclodendron andrei-sii* nov. sp. (Lycopodiaceae, Lycophyta) del Pérmico Superior de Uruguay. *FACENA*, 7: 67-86.
- Herbst, R. & V. Filippi Amábili. 2012. *Asterotheca* en la Formación Tacuary (Pérmico Superior) del Paraguay Oriental. *GAEA Journal of Geoscience*, 7 (2): 117-122.
- IAWA. 2004. List of microscopic features for softwood identification. In: H. Richter; D. Grosser; I. Heinz; P. Gasson (eds.), *International Association Wood Anatomist Journal*, 25: 1-70.
- Jalfin, G. 1986. Evolución paleoambiental del Grupo Independencia, Pérmico Superior del Paraguay oriental. In: Late Paleozoic and South America, Project 211 International Union Of Geological Sciences – UNESCO, Annual Meeting Working Group, Córdoba, *Abstracts*: 79-80.
- Kenrick P & P. Crane. 1997. *The origin and early diversification of land plants: a cladistic study*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Kräusel R. & E. Dolianiti. 1958. Gymnospermhölzer aus dem Paläozoikum Brasiliens. *Palaeontographica*, 104 B:115-137.
- Leiva Verón, V.; Crisafulli, A.; Herbst, R.; Filippi Amábile V. & S. Molinas. 2012. Guavirá, una nueva localidad con maderas fósiles de la Formación Tacuary (Pérmico Superior) de Paraguay. *GAEA Journal of Geoscience* 8 (2): 67-81.
- Lepekhina, V. & A. Yatsenko, 1966. Clasificación and nomenclature of woods of Palaeozoic pycnoxylic Plants. *Taxon*, 15: 66-70.
- Maheshwari, H. 1964. Studies in the *Glossopteris* flora of India. 24. On two new species of fossil wood from the Raniganj stage of Raniganj Coalfield, Bengal. *The Palaeobotanist* 13: 148-154.
- Maheshwari, H. 1972. Permian wood from Antarctica and revision of some Lower Gondwana wood taxa. *Palaeontographica*, B-203: 1-82.
- Marguerier J. 1973. Paléoxylologie du Gondwana Africain: etude et affinités du genre *Australoxylon*. *Paleontol Africana*. 16:37-58.
- Muff, R.; González M.; Vergel, M.; Herbst R. & Z. Fa-

- solo. 1999. Palynological investigations and biostratigraphic correlations of Permian sedimentary rocks from Eastern Paraguay. *Newsletters of Stratigraphy*, **37** (1/2): 21-35.
- Mussa, D. 1958. Conifera fósil do Carbonifero Superior de Santa Catarina. *Servicio Grafico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estadística. Boletim* N° 182: 1-22.
- Oliver, F. & D. Scott. 1904. On the structure of the Palaeozoic seed *Lagenostoma lomaxi*, with a statement of the evidence upon which it is referred to *Lyginodendron*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 197 B: 193 – 247. (13,14,23).
- Page, P. 1990. Pinatae. En K. Kubitzki (Ed.), *The families and genera of vascular plants*. Springer Verlag, Berlin: 290–319.
- Pant, D. & V. Sing, 1987. Xylotomy of some woods from Raniganj Formation (Permian), Raniganj Coalfield, India. *Palaeontographica Abteilung B*, 203: 1-82.
- Perez-Loinaze, V.; Césari, S.; López Gamundí O. & L. Buatois. 2010. Palynology of the Permian San Miguel Formation (Western Paraná Basin, Paraguay): Gondwanan biostratigraphic correlations. *Acta Geológica*, 8 (4): 483-493.
- Philippe, M. 1995. Bois fossiles du Jurassique de Franche-Comté (nord-est de la France): systematique et biogeographie. *Palaeontographica Abteilung B-Stuttgart*- 236: 45-103.
- Prasad M. & Lele, K. 1984. Triassic ginkgoean wood from the South Rewa Gondwana basin, India. *Review of Palaeobotany and Palynology* 40: 387- 397.
- PROYECTO PAR 83/005. 1986. *Mapa geológico del Paraguay*. Comisión Nacional de Desarrollo Regional – Ministerio de Defensa Nacional, Asunción: 270.
- Putzer, H. 1962. *Geologie von Paraguay*. Beiträge zur Geologie der Erde, Band 2 (Gebr. Borntr., Berlin):182.
- Rapalini, A.; Fazzito S. & D. Orue. 2006. A new Late Permian paleomagnetic pole for stable South America: the Independencia Group, Eastern Paraguay. *Earth, Planets and Space*, 58: 1247-1253.
- Roberts, D.; Bamford M. & B. Millsted. 1997. Permian-Triassic macro-plant fossils in the Fort Grey silcrete, East London South African. *Journal Geology*, 100: 157-168.
- Vergel, M. 1993. Palinoestratigrafía de la Secuencia Neopaleozoica de la Cuenca Chacoparanaense Argentina. *12º Internacional Congress on the Carboniferous- Permian (Buenos Aires, 1991) Compte Rendu*: 1: 201-212. Buenos Aires.
- Vieira, C. & R. Iannuzzi. 2000. Presença de *Asterotheca* sp. no Permiano Superior da Bacia do Paraná (Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto). *Revista da Universidade de Guarulhos, Geociências*, 5: 33-36.
- Vogellehner, D. 1968. Zur Anatomie und Phylogenie de Mesozoischer Gymnospermenhölzer, 7: *Prodromus zu einer Monographie der Protopinaceae*. II. Die Protopinoiden Hölzer des Jura. *Palaeontographica*, Abt. B: 124, (4 -6), s.125-162, Stuttgart.
- Vozenin-Serra C. & J. Grant-Mackie. 1996. Les bois noriens desterrains Murihiku-Nouvel Zélande. *Palaeontographica*, 241: 999–125.
- Wiens, F. 1982. Mapa geológico de la región oriental, República del Paraguay, escala 1:500.000. In: Simposio de Ciencias Naturales del Paraguay, 1, Asunción, *Annales*: 1-8.
- Willkomm, M. 1854. *Anleitung zum studium der Wissenschaftlichen Botanik*. Friedrich Fleischer, Leipzig: 530.

Doi: 10.22179/REVMACN.20.592

Recibido: 2-VII-2018

Aceptado: 2-XI-2018