

Maderas gimnospérmicas de la Formación Carapacha (Pérmico), provincia de La Pampa, Argentina

Alexandra CRISAFULLI¹, Alicia LUTZ² y Ricardo MELCHOR³

Abstract. GYMNOSPERM WOODS FROM THE CARAPACHA FORMATION (PERMIAN), LA PAMPA PROVINCE, ARGENTINA. This paper describes four gymnosperms woods from the fluvial-lacustrine Carapacha Formation (Early Permian to early Late Permian) of La Pampa, Argentina. All the material was preserved as driftwood in sandstone channel facies (mineralized by carbonates or silica) and associated with a *Glossopteris* flora. One specimen is referred to *Schofiicaulia peripaludica* Mussa on account of the anatomical characters of the pith, and primary and secondary xylem. Only secondary xylem is present in the remaining woods and therefore they are assigned to three *Araucarioxylon* species: *A. allanii* (Kräusel) Maheshwari, *A. kharhariense* (Maithy) Maheshwari and *A. jamudhiense* (Maithy) Maheshwari. In the analyzed material there is anatomical evidence of humidity shortage during the life of these plants, which is in agreement with the sedimentologic interpretation of the sedimentary sequence. These species were also recorded in the Permian of Brazil, Antarctica, and India.

Key words. Gymnosperm woods. Anatomy. Systematics. Permian. Carapacha Formation. Argentina.

Palabras clave. Maderas gimnospérmicas. Anatomía. Sistemática. Pérmico. Formación Carapacha. Argentina

Introducción

Esta contribución da a conocer el estudio anatómico y sistemático de parte de las maderas gimnospérmicas de la Cuenca Carapacha (Pérmico), provincia de La Pampa.

La presencia de abundantes maderas permineralizadas en la misma fue dada a conocer por Melchor y Césari (1991), aunque sin indicar su asignación taxonómica ni describir su anatomía. Los leños aquí estudiados provienen de tres localidades donde aflora la Formación Carapacha: la más septentrional corresponde a las Sierras Carapacha Chica, próxima a La Reforma (figuras 1.a y 1.b); en tanto que las dos restantes se ubican en las cercanías de Puelches (área tipo de la unidad *sensu* Melchor, 2000) a 12 km al sureste de dicho poblado y en el extremo suroccidental de la sierra de Calencó ("1" en figura 1.c).

¹Secretaría General de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional del Nordeste. Casilla de Correo 128, 3400, Corrientes, Argentina. E-mail: pringepa@compunort.com.ar

²Programa de Investigaciones Geológicas y Paleontológicas, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y Universidad Nacional del Nordeste. Casilla de Correo 128, 3400, Corrientes, Argentina. E-mail: pringepa@compunort.com.ar

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y Universidad Nacional de La Pampa. Av. Uruguay 151, 6300 Santa Rosa, La Pampa, Argentina. E-mail: melchor-r@cpsarg.com

El material analizado se puede referir a taxones conocidos para otras secuencias del Gondwana. Si bien actualmente la utilidad bioestratigráfica de las maderas fósiles es limitada, la comparación con otras unidades de edad conocida que poseen los mismos taxones permite confirmar la edad asignada a la Formación Carapacha sobre la base de su flora de *Glossopteris* y relaciones geológicas (Melchor y Césari, 1997). Por otra parte, la presencia de anillos de crecimiento marcados en el leño secundario sugiere que estas maderas atravesaron un periodo con estacionalidad climática marcada.

El conocimiento actual acerca de las xilofloras neopaleozoicas de Argentina es desigual y escaso, a pesar de que la presencia de maderas fosilizadas es frecuente en muchas secuencias de dicha edad. Este aporte pretende contribuir a llenar ese vacío, especialmente teniendo presente el potencial como indicadores paleoclimáticos, paleoecológicos y probablemente bioestratigráficos que poseen los leños fósiles (Mussa, 1986)

Estratigrafía y paleoambientes

El relleno de la Cuenca Carapacha está compuesto enteramente por la Formación homónima (propuesta por Vilela y Riggi, 1957 y redefinida por Mel-

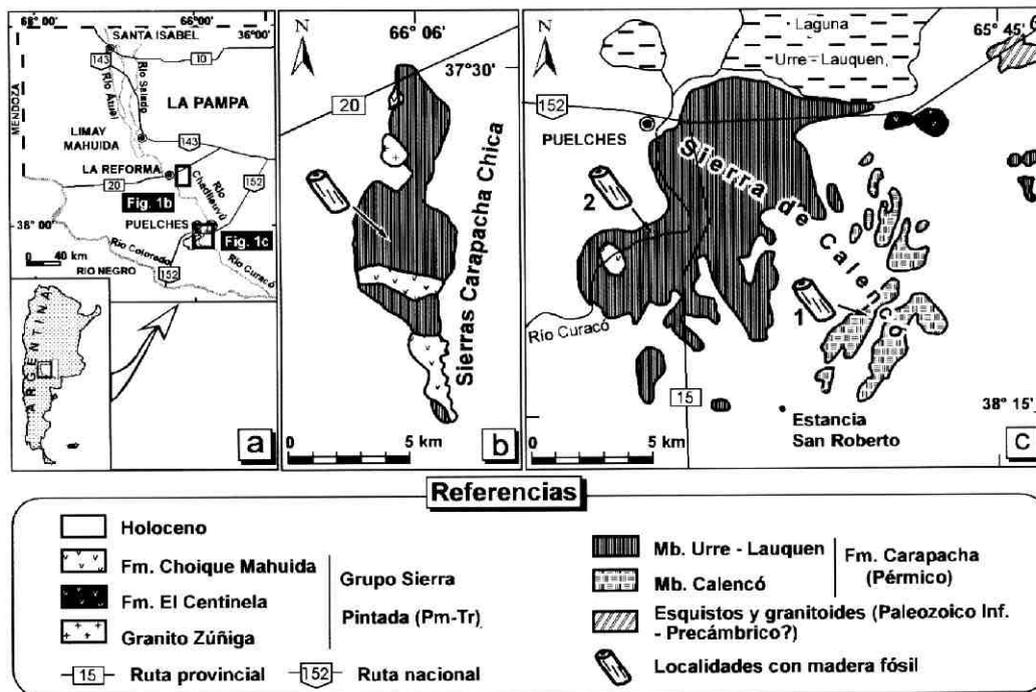


Figura 1. Ubicación de las localidades con madera fósil de la Formación Carapacha / Localities with fossil wood from Carapacha Formation. a, mapa del oeste de La Pampa con localización de las áreas detalladas en b y c / map of western La Pampa showing location of areas figured in b and c. b, mapa geológico de las sierras Carapacha Chica mostrando el sitio de hallazgo de la madera fósil (modificado de Melchor y Casadio, 1997) / geologic map of Carapacha Chica hills indicating location of sites with fossil wood remains (modified from Melchor and Casadio, 1997). c, mapa geológico del área tipo de la Formación Carapacha, señalando la procedencia de la madera fósil estudiada del Miembro Calencó ("1" en la figura) y del Miembro Urre-Lauquen ("2" en la figura) (modificado de Melchor, 2000) / geologic map of the type area of Carapacha Formation and provenance of studied wood remains from Calencó Member ("1" in the figure) and from Urre-Lauquen Member ("2" in the figure) (modified from Melchor, 2000).

chor, 2000), constituyendo una secuencia fluvio-lacustre pérmica que alcanza un espesor mínimo de 630 m (Melchor, 1995, 2000; cf. figura 2). Dicha unidad ha sido dividida en dos Miembros: Calencó (Pérmico Inferior bajo) y Urre-Lauquen (Pérmico Superior bajo) (Melchor, 1995, 2000; cf. figura 2). La asignación de edad de la unidad se realizó en base a la presencia de una variada flora de glossopterídeas, en la que se diferencian dos asociaciones paleoflorísticas procedentes de sendos miembros litoestratigráficos.

Dichas asociaciones paleoflorísticas han sido comparadas con la biozona de *Gangamopteris* (la más antigua) y Superbiozona de *Dizeugotheca* (la más moderna) (Melchor, 1990; Melchor y Césari, 1991, 1997). Además de restos de hojas de glossopterídeas y maderas fósiles, también se han hallados escasas frondes de helechos, una fructificación de glossopterídeas y esfenofitas (Melchor y Césari, 1991, 1997).

En el Miembro Calencó (inferior) se reconocen depósitos de lagos profundos sucedidos por un sistema fluvial entrelazado (figura 2), indicando que el régimen hidrológico era el menos positivo durante la sedimentación del mismo. Sin embargo, también se

reconocen paleosuelos con rasgos de tipo vertisol, lo que indicaría estacionalidad en el régimen de humedad. Por el contrario, en el Miembro Urre-Lauquen se verifica un predominio de sistemas fluviales efímeros, lo que es típico de climas semiáridos o áridos. En dicho miembro son frecuentes los depósitos de mantos de creciente e intervalos lacustres someros con evidencia de desecación repetida y evaporitas en proporciones reducidas (Melchor, 1995).

La facies portadora de leños en ambos miembros es arenisca mediana rojiza con estratificación en artesa u horizontal, interpretada como depósitos de canal de un sistema fluvial entrelazado arenoso (Melchor, 1995). Los restos de maderas son en todos los casos transportados y habitualmente se asocian a intervalos poco potentes de arenisca conglomerádica o brecha intraformacional. Si bien se pueden reconocer abundantes moldes o impresiones de tallos y troncos en toda la secuencia de Formación Carapacha, la madera fósil se registra sólo en intervalos acotados (cf. figura 2).

La mayor parte del material fue hallado como fragmentos pequeños de madera fósil separados de la roca portadora, aunque también se pudo constatar

la presencia de troncos transportados *in situ* de más de 6 m de largo por 0,40 m de ancho.

Materiales y métodos

Los restos de maderas de la Formación Carapacha han sido mineralizados preferentemente por sílice o carbonato (calcita según determinaciones del Dr. Cortelezzi). Los leños preservados en carbonato se restringen al Miembro Urre-Lauquen, en tanto que aquellos silicificados aparecen compuestos de cuarzo microcristalino granular (en general <20 µm) y un mineral opaco (probablemente hematita) que reemplaza con preferencia algunos radios leñosos. En los especímenes con esta textura se preserva la anatomía original de la madera. También se reconoce megacuarzo (cristales de hasta 100 µm) en forma de parches o constituyendo la mayor parte del ejemplar. Esta textura no preserva la anatomía de la madera y se habría producido por recristalización durante la diagénesis del cuarzo microcristalino original, por cementación de espacios vacíos o reemplazo de otros minerales (*cf.* Hesse, 1989). El material aquí descrito está silicificado excepto *Schopficaulia peripaludica* Mussa, espécimen mineralizado por carbonato.

Se realizaron cortes petrográficos, montados y pulidos al punto óptimo de delgadez, en los tres planos correspondientes: corte transversal (C.T.), corte longitudinal radial (C.L.r.) y corte longitudinal tangencial (C.L.t.) respectivamente.

El método del *peel* en láminas de acetato dio resultados favorables sólo en algunos casos. Las observaciones y fotografías se hicieron con microscopio Leitz (Ortholux-Orthomax) y lupa estereoscópica Leitz. En la medida de los distintos elementos anatómicos se cita primero la media y entre paréntesis los valores máximos y mínimos.

Los materiales se hallan depositados en la Cátedra de Geología Histórica y Regional Argentina de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa, inventariado bajo la sigla GHUNLPam. Los cortes delgados se encuentran en la colección PMP-CTES (Preparados Micropaleontológicos Corrientes) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes.

Descripciones sistemáticas

Clase CONIFEROPSIDA Sternberg 1820

Orden CORDAITALES Sternberg 1820

Género *Schopficaulia* Mussa 1982

Especie Tipo. *Schopficaulia peripaludica* Mussa 1982.

Schopficaulia peripaludica Mussa 1982

Figuras 3.A-C, 4 y 5

Descripción. Fragmento de leño gimnospermo, picnoxílico, de aproximadamente 70 cm de longitud, 7 cm de diámetro menor y 8 cm de diámetro mayor, sin cicatrices foliares observables ni corteza preservada.

La sección transversal es elíptica, diferenciándose la médula, el xilema primario y el xilema secundario con anillos de crecimiento distintivos y marcada asi-

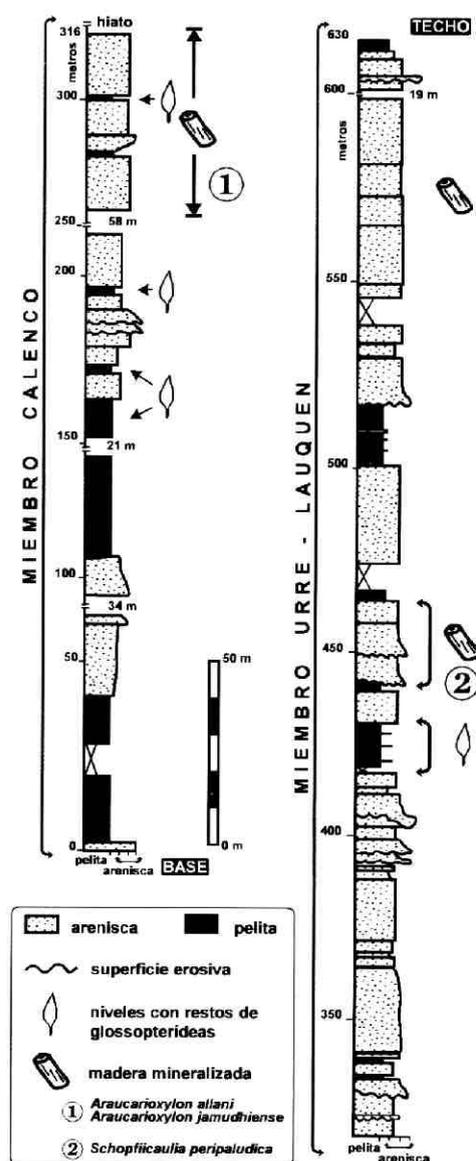


Figura 2. Perfil litológico esquemático de la Formación Carapacha, indicando la ubicación estratigráfica de parte de los taxones descritos, así como de los niveles con hojas de glossopterideas (modificado de Melchor, 1995, 2000) / Generalized lithologic log of Carapacha Formation showing stratigraphic location of part of the studied wood taxa, as well as horizons with leaves (modified from Melchor, 1995, 2000).

metría. A lo largo del tronco se observa en dicha sección transversal, la médula parenquimática de contorno lobulado y trazas foliares convergentes. Estas últimas muestran una orientación original modificando la posición del centro geométrico excéntrico de la médula. Es característica la variación de la disposición de ésta, observable tanto en los cortes transversales sucesivos como en los longitudinales (figuras 3.A-C, 4 y 5). En corte longitudinal radial se observa la médula subdividida en sectores paralelos horizontales e inclinados, separados entre sí por tabiques o diafragmas de células parenquimáticas horizontales o decumbentes (figuras 3.B-C y 5). Las situadas próximas a la periferia medular tienen forma circular haciéndose hacia el centro rectangular. La formación de estos diafragmas o tabiques con pequeñas lagunas muestra grados de maduración diversos reflejados en la degradación celular iniciada en estas últimas. A partir de los tabiques se evidencia la salida de las trazas. El xilema primario forma proyecciones cuneiformes (figura 4). No se observa claramente el protoxilema debido a la mala preservación, pero aparentemente sería endarco.

El xilema secundario es de tipo *Araucarioxylon* Lepekhina y Yatsenko-Khmelewsky (1966). Se distinguen anillos de crecimiento que presentan ondulaciones siguiendo la orientación de las trazas foliares. Entre ellos se observan hileras de células parenquimáticas adventicias rectangulares (figura 4). Sin embargo, no son las del parénquima traumático que aparece cuando hay evidencia de periodos fríos (Brea, 1997).

Las traqueidas tienen contorno cuadrangular a rectangular en sección transversal. El diámetro promedio radial es de 28 μm (30-15 μm) y el tangencial de 27 μm (30-15 μm), respectivamente. El grosor promedio de la pared de las traqueidas es de 6 μm . Los radios leñosos están separados entre sí por 7(10-5) traqueidas.

En las paredes radiales de las traqueidas se observan punteaduras uniseriadas, circulares y contiguas, la mayoría y biseriadas alternas o subopuestas. Los campos de cruzamiento tienen punteaduras circulares, no se observan las areolas de las mismas. En promedio hay 3 punteaduras por campo.

En corte longitudinal tangencial se observan los radios leñosos homogéneos, uniseriados y bajos, siendo la altura promedio de 6(12-5) capas de células.

Material. GHUNLPam N° 3158 (fragmentos I-III), 3159 (fragmentos I-IV), 3160 (fragmentos I-V) y PMP-CTES N° 2158-2159.

Localidad. Afloramientos sobre el río Curacó, a unos 4,5 km al sur de Puelches (38°11'13" S, 65°55'18" O; figura 1.e).

Horizonte. Formación Carapacha (Miembro Urre-Lauquen), aproximadamente a 459 m de la base de la unidad (figura 2).

Edad. Pérmico Superior bajo (comparable a la Superbiozona de *Dizeugotheca*, ver Melchor y Césari, 1997).

Comparaciones y discusión. El material en estudio es asignado al Orden Cordaitales, siguiendo la propuesta de Scott y Maslen (1910), Emberger (1968), Taylor y Taylor (1993), entre otros. Estos autores clasifican dentro de este orden a leños paleozoicos con médulas diafragmadas y rasgos anatómicos característicos en el leño secundario (sección, dimensión y punteaduras de las traqueidas). El ejemplar estudiado, por lo tanto, pertenece a este orden. Diversos géneros paleozoicos comparten estas características: *Cordiaoxylon* Grand'Eury 1877, *Mesoxylon* Scott y Maslen 1910, *Solenoxylon* Kräusel 1956, *Septomedullopitys* Lepekhina 1972, *Schopfiacaulia* Mussa 1982 y *Austroscleromedulloxylon* Mussa 1986, por citar sólo algunos. Sin embargo, la observación de las ilustraciones y la descripción de sus caracteres permiten establecer más afinidades con *Schopfiacaulia* Mussa 1982, morfógeno del Pérmico de Brasil, procedente de las Formaciones Rio Bonito y Estrada Nova (Mussa, 1986). Con este último comparte no sólo la presencia de los tabiques en una médula homogénea y lobulada, sino también la particular disposición de las trazas foliares convergentes a la misma, como se observa en corte transversal. Además comparten la característica variación en la orientación de la médula observable en los cortes seriados longitudinales como transversales. La sección transversal también es elíptica con el centro geométrico excéntrico debido a la distribución diferencial del crecimiento. Hay similitud en la disposición cuneiforme del protoxilema endarco y en los anillos del xilema secundario presentando ondulaciones.

Siendo *Schopfiacaulia peripaludica* Mussa 1982, la especie tipo para este género y habiendo solamente diferencias muy pequeñas y sin valor sistemático se asigna este ejemplar a dicha especie.

Si bien Mussa no lo clasifica dentro de los Cordaitales, dado que externamente su ejemplar se parece a *Vertebraria*, entendemos que, aun haciendo la salvedad de que se trata de un órgano aéreo, se cree prudente incluirlo en este orden si se tienen en cuenta las características del leño secundario, las lagunas y los tabiques de la médula.

Desde el punto de vista paleoambiental, es unánime la opinión de los autores, entre ellos, Eames y McDaniels (1947) y Metcalfe y Chalk (1950), que la diafragmación celular sugiere un recurso anatómico de defensa o adaptación a las condiciones ambientales. Su presencia en los leños que la poseen apuntan a señalar que se trata de un grupo de alta especialización o adaptación para la supervivencia en ambientes inhóspitos como aquellos de aireación escasa, aguas salobres o condiciones inadecuadas para el abastecimiento de agua. En consecuencia, la compartimentación de la médula, serviría para la aireación o para

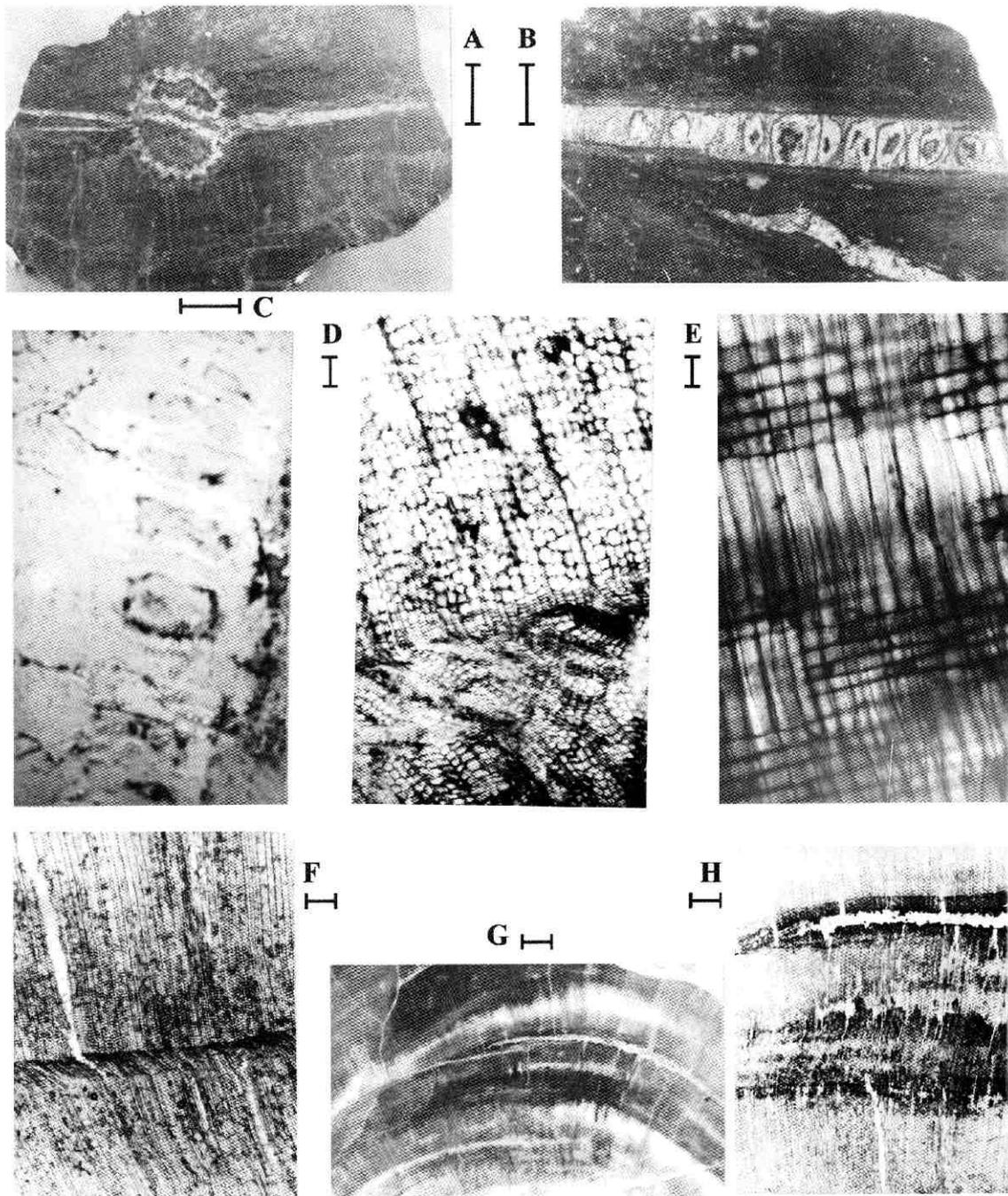


Figura 3. A-C, *Schopfiacaulia peripatudica* Mussa. A, leño en corte transversal, mostrando la médula y las trazas convergentes toward the pith (GHUNLPam 3160-IV); escala/scale = 1 cm. B-C, corte longitudinal radial / radial longitudinal section; B, vista general de la médula diafragmada / general view of diaphragmated pith (GHUNLPam 3160-II); escala/scale = 1 cm; C, detalle de una porción de la médula / detail of portion of the pith (PMP-CTES 2159); escala/scale = 8 mm. D-F, *Araucarioxylon allanii* Maheshwari; D y F, leño secundario en corte transversal / transverse section of the secondary wood (PMP-CTES 2160); F, Anillo de crecimiento y shearing zones / growth ring and shearing zones; escala/scale 400 μ m; D, detalle de F / detail of F; escala/scale = 80 μ m; E, corte longitudinal radial del leño secundario mostrando punteaduras uniseriadas en las paredes radiales de las traqueidas y campos de cruzamiento / longitudinal radial section of the secondary wood showing uniseriate pits on the tracheidal walls and cross-field (PMP-CTES 2161); escala/scale = 50 μ m. G-H, *Araucarioxylon kharkhariense* Maheshwari; leño secundario en corte transversal / transverse section of the secondary wood (PMP-CTES 2163); G, parte del leño secundario y anillos de crecimiento / portion of secondary xylem and growth rings (GHUNLPam 3165); escala/scale = 1 cm; H, detalle de G / detail of G; escala/scale = 400 μ m.

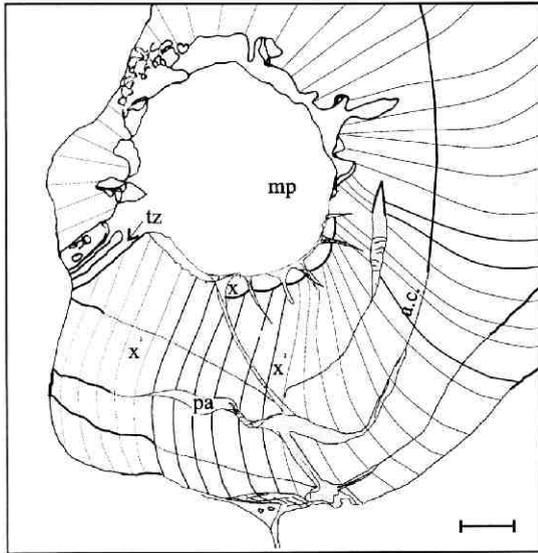


Figura 4. *Schopfitecaulia peripaludica* Mussa (PMP-CTES 2158). Esquema del corte transversal del leño mostrando la médula (mp), xilema primario cuneiforme (X'), xilema secundario (X''), anillos de crecimiento (a.c.), parénquima adventicio (pa) y trazas convergentes a la médula (tz) / Transverse section wood. Scheme showing pith (mp), wedge shaped primary xylem (X'), secondary xylem (X''), growth rings (a.c.), adventitious parenchyma (pa), and convergent traces towards the pith (tz). Escala/scale = 1,8 mm.

el almacenaje de agua en periodos críticos. Se conocen numerosos ejemplares de plantas que no siendo xerófitas adoptan recursos xeromórficos en base a malas condiciones de vida (Mussa, 1986). Esto concordaría con las evidencias sedimentológicas que indican deficiencia de humedad periódica (Melchor, 1995). Sería ésta la situación de nuestra especie, inferencia también apoyada por el diámetro de las traqueidas, el grosor de sus paredes y la medida de los anillos de crecimiento.

Distintos grupos de plantas actuales también poseen médulas diafragmadas, pudiendo aparecer solo en la región nodal (*Ephedra*) o a lo largo de toda la región internodal, como por ejemplo en *Senecio praecox* (Compositae), común en las regiones áridas de Méjico (Metcalf y Chalk, 1950). Mussa *et al.* (1978) relacionaron las formas fósiles con médulas diafragmadas con las plantas actuales de las mismas características, las cuales se adaptan a un ambiente poco favorable para la vida utilizando los espacios interdiafragmas para el almacenamiento del agua.

Orden CONIFERALES Sternberg 1820

Género *Araucarioxylon* Kraus 1870

Especie tipo. *Araucarioxylon carbonaceum* Kraus 1870.

Araucarioxylon allanii (Kräusel) Maheshwari 1972
Figuras 3.D-F y 6

1962. *Dadoxylon allanii* Kräusel, p. 133-140.

AMEGHINIANA 37 (2), 2000

Descripción. Fragmento de 11 cm de largo por 9 cm de ancho que sólo ha preservado el leño secundario, picnoxílico, silicificado, de color oscuro.

La sección transversal de las traqueidas del xilema secundario es cuadrangular a rectangular. Miden 48 μm promedio de diámetro radial (60-30 μm) y 43 μm de diámetro tangencial (60-22 μm). El espesor promedio de las paredes traqueidales es de 7 μm (figuras 3.D-F).

Presenta anillos de crecimiento marcados, siendo el diámetro promedio radial de las traqueidas del leño temprano de 48 μm y las del leño tardío 15 μm de diámetro tangencial. El leño tardío tiene un espesor promedio de 6 capas de células (7-5). Los anillos de crecimiento miden 2,5 a 7 mm aproximadamente. La sensibilidad media es de 0,21, caracterizándolo como un leño complaciente, lo que implica baja estacionalidad climática registrada. Se observan *shearing zones* (*sensu* Erasmus, 1976) en el leño temprano (figura 3.F). En corte transversal los radios leñosos están separados entre sí por un promedio de 4 traqueidas (6-2). En las paredes radiales de las traqueidas se observan punteaduras araucarioides uniseriadas y biseriadas, contiguas, algunas espaciadas, circulares o sub-circulares. El poro de la punteadura es céntrico y circular, a veces oval (figuras 3.E y 6).

Los campos de cruzamiento poseen en promedio, una punteadura areolada ocupando casi todo el campo. Otros tienen 2 a 4 punteaduras (figuras 3.E y 6).

El sistema radial es homogéneo. Los radios son homocelulares uniseriados y bajos. Tienen una altura promedio de 7 (9-3) capas de células. En corte longitudinal tangencial, las células centrales de los radios son rectangulares y elípticas las de los extremos.

Material. GHUNLPam N° 3149 (fragmentos I y II) y PMP-CTES N° 2160, 2161 y 2162.

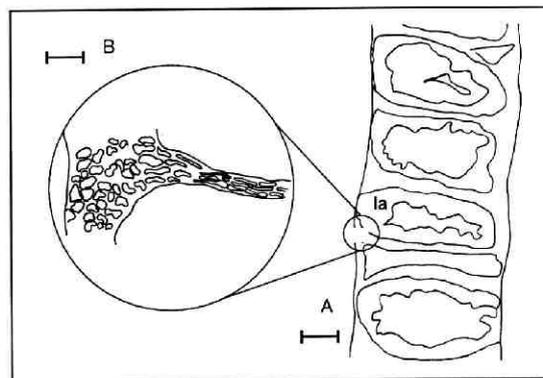


Figura 5. A-B, *Schopfitecaulia peripaludica* Mussa (GHUNLPam N° 3160 fragmento II), corte longitudinal radial / radial longitudinal section; A, parte de la médula mostrando los diafragmas y las lagunas (la) / portion of the pith showing diaphragms and lagoons (la); escala/scale = 4 mm; B, detalle de un diafragma con la diferenciación de células parenquimáticas / detail of a diaphragm with differentiated parenchymatic cells (PMP-CTES. 2159); escala/scale = 0,15 mm.

Localidad. Extremo sureste de la Sierra de Calencó, en las proximidades de la Estancia San Roberto (38°13'16" S, 65°48'50" O; figura 1.c).

Horizonte. Formación Carapacha (Miembro Calencó), correspondiente al intervalo entre 277 y 316 m de la base de la unidad (figura 2).

Edad. Pérmico Inferior bajo (comparable a la Biozona de *Gangamopteris*, ver Melchor y Césari, 1991).

Comparación y discusión. Si bien el material estudiado no preservó médula ni xilema primario, tejidos de importancia para la determinación sistemática, los caracteres diagnósticos que presenta, en lo que respecta a la forma y disposición de las punteaduras en las paredes radiales de las traqueidas, el tipo de campos de cruzamiento y la conformación de los radios leñosos en lo que se refiere a la altura, seriación y forma de sus células; todos ellos son rasgos que justifican la asignación a *Araucarioxylon allanii* (Kräusel) Maheshwari 1972, ejemplar registrado en el Pérmico de Antártida. No obstante, el leño estudiado muestra diferencias referidas a la altura de los radios xilemáticos.

Tanto este ejemplar de La Pampa como los fragmentos citados por Maheshwari, no presentan las *roundish strands* (haces redondeados) reportadas en el holotipo de Kräusel (1962:138, lám. 27, fig. 5).

Por las semejanzas en las características de los campos de cruzamiento en lo que se refiere al tipo y número de punteaduras, el ejemplar estudiado es comparable con *Megaporoxyton kaokense* Kräusel 1956 y *M. krauselii* Maheshwari 1966; pero éste es un género con médula y xilema primario preservado, caracteres morfológicos que no se han preservado en nuestro ejemplar. Por tal motivo, se mantiene la asignación a *Araucarioxylon allanii*.

Araucarioxylon kharkhariense (Maithy)

Maheshwari 1972

Figuras 3.G-H, 7 y 8.A-C

1964. *Dadoxylon kharkhariense* Maithy, p. 89-93.

Descripción. Fragmento de leño secundario silicificado, decortinado, de 10 cm de longitud, 7 cm de diámetro mayor y 5 cm de diámetro menor. El xilema secundario es picnoxílico, homogéneo con anillos de crecimiento marcados y *shearing zones* (figuras 3.G-H).

En corte transversal las traqueidas son de forma cuadrangular a rectangular, siendo su lúmen circular. Su diámetro promedio radial es de 40 µm (52-30 µm) y el diámetro promedio tangencial es de 30 µm (38-23 µm). Los radios leñosos están separados por un promedio de 7 traqueidas (11-2) (figura 8.B).

Los anillos de crecimiento son marcados. La transición entre el leño temprano al tardío no es gradual. Las traqueidas del leño tardío miden un diámetro promedio radial de 12 µm (15-7 µm) y tangencial de

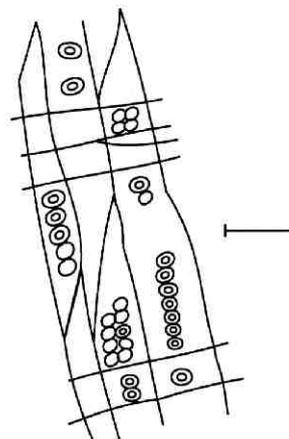


Figura 6. *Araucarioxylon allanii* (Kräusel) Maheshwari (PMP-CTES 2161), punteaduras araucarioideas uniseriadas y biseriadas en las paredes longitudinales radiales de las traqueidas / uniseriate and biseriolate araucarioid pits on the longitudinal radial tracheidal walls. Escala/scale = 50 µm.

35 µm (45-23 µm), respectivamente. La sensibilidad media es de 0,24 (figuras 3.H y 8.B).

En las paredes radiales de las traqueidas hay punteaduras uniseriadas, biseriadas y triseriadas, ubicadas en forma contigua. Son circulares y tienen una disposición opuesta y alterna (figuras 7 y 8.C). Sobre la pared tangencial también hay punteaduras uniseriadas, circulares y contiguas.

El sistema radial es homogéneo. Los radios son homocelulares, uniseriados y bajos; la altura promedio es de 9 capas de células (20-2). No se observan radios biseriados (figura 8.A). En los campos de cruzamiento hay punteaduras areoladas en un promedio de 6 (8-3) (figura 7).

Material. GHUNLPam N° 3165 y PMP-CTES N° 2163, 2164 y 2165.

Localidad. Sector central de las sierras Carapacha Chica (37°33'23" S, 66°06'16" O; figura 1.b).

Horizonte. Formación Carapacha (Miembro Urre-Lauquen). No se ha relevado sección estratigráfica en el lugar, en virtud de la mala exposición de los afloramientos (Melchor, 1995).

Edad. Por comparación litológica con los afloramientos de la zona de Puelches, Melchor (1995, 2000) asigna tentativamente los asomos de las sierras Carapacha Chica al Pérmico Inferior alto-Pérmico Superior bajo.

Comparación y discusión. El leño secundario de este material es de tipo *Araucarioxylon* Lepekhina y Yatsenko-Khmelewsky 1966. En consecuencia se establecieron comparaciones con especies de *Araucarioxylon* del Pérmico de otras regiones del Gondwana. Las más afines al ejemplar son *A. gondwanense* (Maithy) Maheshwari 1972 y *A. kharkhariense* (Maithy) Ma-

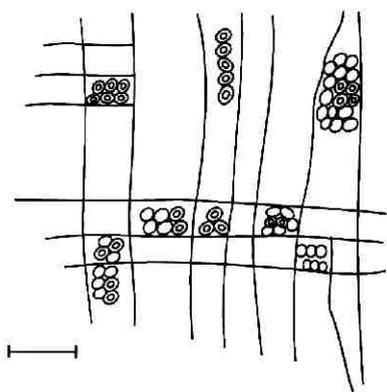


Figura 7. *Araucarioxylon kharkhariense* (Maithy) Maheshwari (PMP-CTES 2164), punteaduras araucarioideas uniseriadas, biseriadas y triseriadas contiguas sobre las paredes radiales de las traqueidas. Campos de cruzamiento con punteaduras araucarioideas / uniseriate, biseriata and triseriate araucarioid pits on the longitudinal radial tracheidal walls. Cross field with araucarioid pits. Escala / Scale = 40 μ m.

heshwari 1972. Ambas especies fueron citadas para el Pérmico Inferior de la India (Formación Barakar; Maithy, 1964) y de Antártida (Maheshwari, 1972).

Una detallada comparación permite advertir que si bien no existe una gran diferenciación en los caracteres diagnósticos de ambas especies, así como en las dimensiones de los caracteres morfológicos de ambas, *Araucarioxylon gondwanense* se diferencia de *A. kharkhariense* por poseer en las paredes radiales de las traqueidas punteaduras uniseriadas a tri y cuatrise-riadas, teniendo además radios leñosos más altos (1-43 capas de células).

El ejemplar estudiado es asignado a *A. kharkhariense* por compartir todas las características de la diagnosis; sin embargo, no se ha advertido la presencia de radios leñosos biseriados. A pesar que en el ejemplar tipo la proporción de los mismos es de sólo 1%. Se recuerda que Prasad (1978) no acepta esto como una diferencia significativa puesto que dentro del mismo ejemplar de leño que estudió, desde la región medular a la periferia del xilema secundario, la altura y seriación de las células de los radios cambiaban. No habiendo otra diferencia significativa se adjudica este ejemplar a *A. kharkhariense*.

Araucarioxylon jamudhiense (Maheshwari)
Maheshwari 1972
Figuras 8.D-H y 9

1962. *Dadoxylon jamudhiense* Maheshwari, p. 265-269, lám I. figs.1-6.

Descripción. Fragmento de leño silicificado de 4 cm de longitud, 15 cm de diámetro mayor y 12 cm de diámetro menor, sin médula, xilema primario ni corteza preservados. El leño secundario es picnoxílico, homogéneo con falsos anillos de crecimiento y *shearing zones* (figura 8.D). En corte transversal las traquei-

das tienen contorno cuadrangular y rectangular a circular. Algunas se encuentran deformadas por la compresión. Las traqueidas tienen un diámetro promedio radial de 46 μ m (75-30 μ m) y tangencial de 31 μ m (38-30 μ m), respectivamente. Un promedio de 4 traqueidas (9-1) separan entre sí los radios leñosos (figura 8.E). Se observan fajas de traqueidas de menor tamaño componiendo anillos discontinuos o falsos anillos, los que a simple vista semejan ser verdaderos anillos de crecimiento. Esta alteración puede deberse a cambios repentinos en la disponibilidad de agua, de la actividad irregular del cambium o de varios factores ambientales.

También se registran *shearing zones* en los sectores del leño temprano que probablemente sufrieron al tiempo de la fosilización deformación o deslizamiento por la acción de una fuerza cortante, a consecuencia que en dichos sectores las traqueidas son más débiles y menos resistentes (Erasmus, 1976). Estos elementos xilemáticos son fácilmente infiltrados por sustancias diversas y siguen un típico curso oblicuo, por lo que son observables a simple vista como una banda tangencial de diferente tonalidad.

Sobre las paredes radiales de las traqueidas se observan punteaduras araucarioideas biseriadas, alternas a subopuestas, uniseriadas, circulares y contiguas y raramente triseriadas (figuras 8.F-H y 9). Las punteaduras uniseriadas son de mayor tamaño, miden 15 μ m por 18 μ m; siendo su coeficiente de achatamiento [$e = d$ (diámetro menor)/ D (diámetro mayor)] de 0,83. Las traqueidas tienen extremos romos, aunque las más cortas tienen extremos aguzados.

En los campos de cruzamiento hay punteaduras de contorno circular en número promedio de 4 (5-3), disponiéndose en forma biseriada. Las punteaduras no presentan aréolas (figura 9).

El sistema radial es homogéneo. Los radios son homocelulares, uniseriados, algunos biseriados y bajos con una altura promedio de 7 capas de células (11-3). En C.L.t., las células de los radios tienen contorno cuadrangular, las centrales y elipsoidales las de los extremos (figura 8.G).

Material. GHUNLPam N° 3016 y PMP-CTES N° 2166 y 2167.

Localidad. Extremo sureste de la sierra de Calencó, en las proximidades de la Estancia San Roberto (38°13'16" S, 65°48'50" O; figura 1.c).

Horizonte. Formación Carapacha (Miembro Calencó), correspondiente al intervalo entre 277 y 316 m de la base de la unidad (figura 2).

Edad. Pérmico Inferior bajo (comparable a la Biozona de *Gangamopteris*, ver Melchor y Césari, 1991).

Comparación y discusión. A pesar de no contar con una óptima preservación, los caracteres anatómicos presentes permiten la determinación sistemática. Se establecieron comparaciones con distintas especies

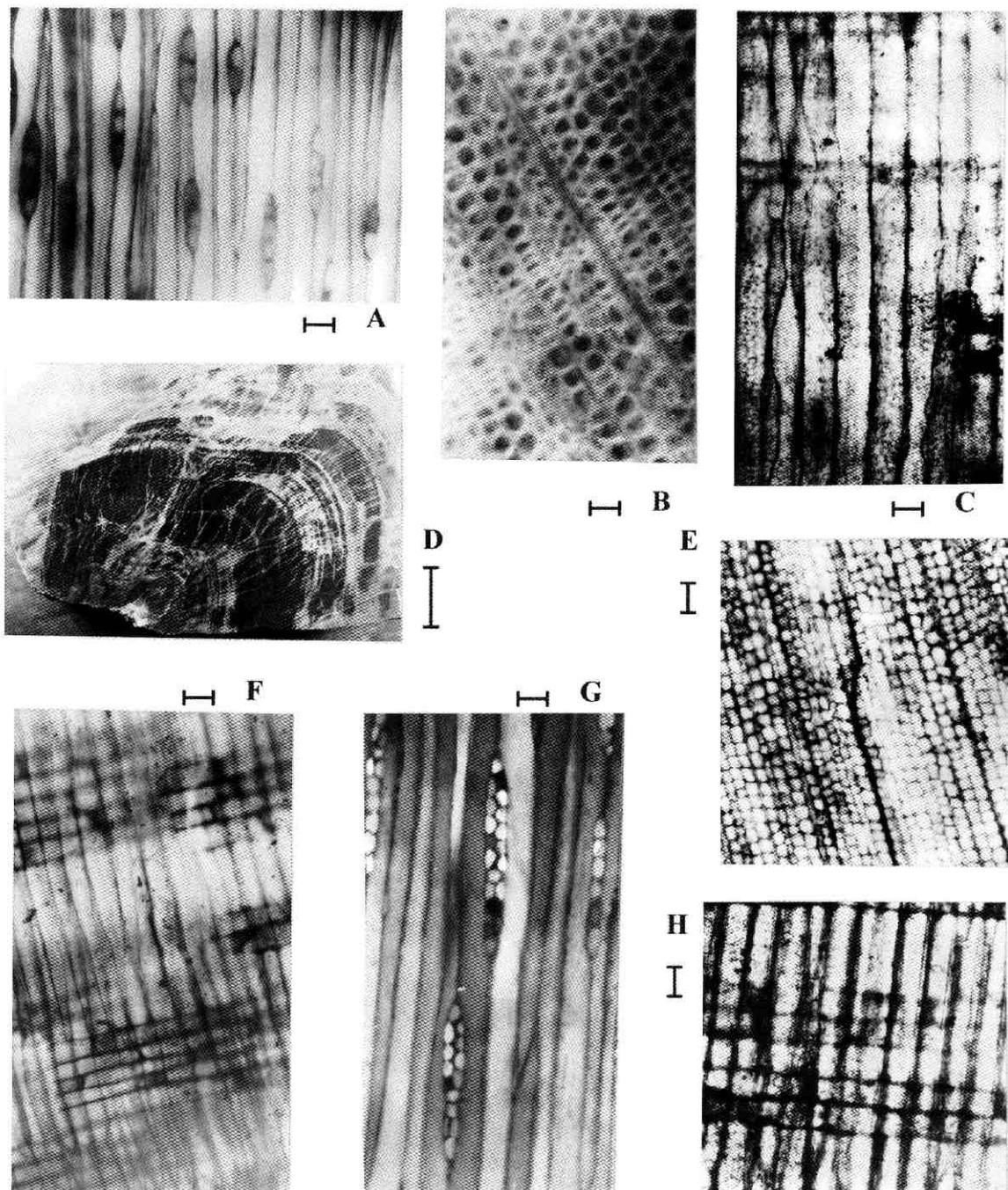


Figura 8. A-C, *Araucarioxylon kharkhariense* (Maithy) Maheshwari; A, sección longitudinal tangencial radios leñosos uniseriados / longitudinal tangential section, medullary uniseriate rays (PMP-CTES 2165); escala/scale = 50 μ m; B, sección transversal de las traqueidas del xilema secundario / transverse section of tracheids; escala/scale = 40 μ m; C, corte longitudinal radial mostrando punteaduras triseriadas en las paredes de las traqueidas / longitudinal radial section showing triseriate pits on the tracheidal walls (PMP-CTES 2164); escala/scale = 50 μ m. D-H, *Araucarioxylon jamudhiense* (Maheshwari); D-E, corte transversal del leño secundario / transverse section of the secondary wood; D, vista general / general view (GHUNL Pam 916); escala/scale = 2 cm; E, detalle de las traqueidas del xilema secundario / detail of the tracheids of the secondary xylem (PMP-CTES 2166); escala/scale = 90 μ m; F-H, sección longitudinal radial mostrando punteaduras sobre las paredes de las traqueidas y campos de cruzamiento / longitudinal radial section showing pits on the tracheidal walls and cross field (PMP-CTES 2167); escalas/scales 50 μ m y 45 μ m; G, sección longitudinal tangencial. Radios leñosos uniseriados y biseriados / longitudinal tangential section showing medullary uniseriate and biseriate rays (PMP-CTES 2167). Escala/scale = 45 μ m.

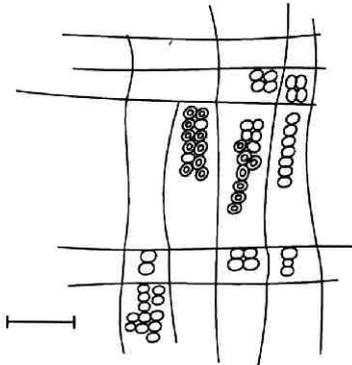


Figura 9. *Araucarioxylon jamudhiense* (Maheshwari) Maheshwari (PMP-CTES 2167); punteaduras biseriadas, uniseriadas y triseriadas sobre las paredes radiales de las traqueidas. Campos de cruzamiento con punteaduras biseriadas / biseriates, uniseriate and triseriate pits on the radial tracheidal walls. Cross-field with biseriates pits. Escala/scale = 55 μ m.

de maderas del Gondwana que sólo preservan el xilema secundario, al cabo de las cuales se asignó este material a *Araucarioxylon jamudhiense* Maheshwari 1972, citado ya para el Pérmico Superior de Formación Raniganj (India) como *Dadoxylon jamudhiense* Maheshwari 1962. Con este taxón comparte los principales caracteres específicos detallados a continuación: seriación y disposición de las punteaduras en las paredes radiales de las traqueidas y campos de cruzamiento, altura de los radios leñosos uniseriados y biseriados, anillos de crecimiento no marcados y shearing zones.

Sin embargo también presenta afinidades con *Dadoxylon santalense* Sah y Jain 1964, del Jurásico de India y con *D. maniroi* Kräusel y Dolianiti 1958, del Pérmico de Brasil por la ausencia de los anillos de crecimiento y la aproximación en los valores de altura de los radios leñosos, no así en el tipo de campo de cruzamiento, ni en el punteado radial de las traqueidas.

Conclusiones

El contenido xilológico de Formación Carapacha incluye especies citadas para otras unidades litoestratigráficas del Gondwana, lo que permite establecer una relación cercana con las paleoxilofloras de India, Brasil y Antártida. A la vez, con la presencia de estos taxones, se confirma que estos sedimentos pertenecen al Pérmico Superior como ya fue sugerido por los estudios florísticos y geológicos.

Desde el punto de vista anatómico, los rasgos de los géneros *Schopfifcaulia* Mussa y *Araucarioxylon* Kraus, son típicamente paleozoicos. Cabe destacar el pequeño diámetro de las traqueidas del xilema secundario, principalmente en *Schopfifcaulia*, cuya mé-

dula tabicada también estaría asociada a condiciones de deficiencia de humedad (Lepekhina, 1972; Maheshwari, 1972; Mussa, 1986). Esto condice con la evidencia sedimentológica que también indica un régimen climático semiárido, probablemente estacional, en especial para el Miembro Urre-Lauquen (Melchor, 1995).

Asimismo, la Formación Carapacha pasaría a integrar otra de las secuencias gondwánicas que poseen leños con médulas diafragmadas junto con las Formaciones Melo (Uruguay) (Crisafulli y Lutz, 2000), Iratí y Río Bonito (Brasil), White Band y Ecça Inferior (Africa), Raniganj y Barakar (India), que conforman una biozona de Intervalo Diafragma Solenoides, propuesta por Mussa (1986).

Agradecimientos

Las autoras desean expresar su sincero agradecimiento al Dr. R. Herbst por las valiosas sugerencias vertidas que contribuyeron a mejorar la calidad de este trabajo. Una mención también para agradecer la labor de los técnicos Señorita E. Acevedo, Sr. O. Bertoni por la preparación del material y al Sr. O. Revuelta por la confección de los dibujos. El material aquí descrito fue colectado en el transcurso de las tareas de campo financiadas por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (Universidad Nacional de La Pampa), como parte del estudio estratigráfico-sedimentológico de la Formación Carapacha por parte de R. Melchor. En el mismo período el mencionado autor se desempeñó como Becario del CONICET. Ricardo Melchor expresa su agradecimiento al Sr. J. Rodríguez por la colaboración en las tareas de campo. Se hace extensivo el agradecimiento a la cuidadosa labor de los árbitros por los útiles comentarios realizados.

Bibliografía

- Brea, M. 1997. Una nueva especie del género *Araucarioxylon* Kraus 1870, emend. Maheshwari 1972 del Triásico de Agua de la Zorra, Uspallata, Mendoza, Argentina. *Ameghiniana* 34: 485-496.
- Crisafulli, A. y Lutz, A. 2000. Xiloflora de la Formación Melo (Pérmico Inferior). Uruguay. *Ameghiniana* 37: 73-80.
- Eames, A. y McDaniels, L. 1947. *Introduction to plant anatomy*. Mc Graw-Hill, New York, 2^a Edition. pp. 155-157.
- Emberger, L. 1968. *Les plantes fossiles*. Mason et Cie. Editeurs, 2^a Edition. New York. 758 p.
- Erasmus, T. 1976. On the anatomy of *Dadoxylon arberi* Seward, with some remarks on the phylogenetical tendencies of its tracheids pit. *Paleontologia africana* 19: 127-133.
- Hesse, R. 1989. Silica diagenesis: origen of inorganic and replacement cherts. *Earth-Science Reviews* 26: 253-284.
- Grand'Eury, C. 1877. Mémoires sur la flore Carbonifère du département de la Loire et du centre de la France. *Mémoires Académie Science Institute* 24: 634.
- Kraus, G. 1870. En W.P. Schimper (ed.), *Traité de Paléontologie Végétale ou La Flore du monde primitif dans se rapports avec les formations géologiques et la flore du monde actual*. Baillere 2, 381 p.
- Kräusel, R. 1956. Der "Versteinerte Wald" im Kaokoveld, Südwest-Afrika *Senckenbergiana lethaea* 37: 411-456.
- Kräusel, R. 1962. Appendix on Antarctic fossil wood. En E.P. Plumstead (ed.), *Fossil floras of Antarctica. Trans-Antarctic Expedition, Scientific Reports* 9: 133-140.
- Kräusel, R. y Dolianiti, E. 1958. Gimnospermenhölzer aus dem Palaozoikum Brasiliens. *Palaeontographica* B-104: 115-137.

- Lepekhina, V. 1972. Woods of Palaeozoic picnoxylic Gymnosperms with special reference to North Eurasia representatives. *Palaeontographica* B-138: 44-106.
- Lepekhina, V. y Yatsenko-Khmelewsky, A. 1966. Classification and nomenclature of Woods of Palaeozoic Picnoxylic Plants. *Taxon* 15: 66-70.
- Maheshwari, H. 1962. Studies in the *Glossopteris* flora of India. 16-*Dadoxylon jamudluense*, a new species of fossil wood from the Raniganj stage of Jharia Coalfield, Bihar. *The Palaeobotanist* 12: 265-269.
- Maheshwari, H. 1966. Studies in the *Glossopteris* flora of India. On some fossil woods from the Raniganj Stage of the Raniganj Coalfield, Bengal. *The Palaeobotanist* 13: 148-152.
- Maheshwari, H. 1972. Permian wood from Antarctica and revision of some Lower Gondwana wood taxa. *Palaeontographica* B-138: 1-43.
- Maithy, P., 1964. Studies in the *Glossopteris* flora of India. 19-Two new species of *Dadoxylon* from the Lower Gondwana of India. *The Palaeobotanist* 13: 89-93.
- Melchor, R. 1990. Sedimentitas plantíferas eopérmicas de la Formación Carapacha en las cercanías de Peuelches, prov. de La Pampa. Análisis paleoambiental e importancia. 3º Reunión Argentina de Sedimentología (La Plata), Actas pp. 366-371.
- Melchor, R. 1995. [Sedimentología de las unidades paleozoicas aflorantes del centro-oeste de la provincia de La Pampa, Argentina. Universidad Nacional de La Plata, Tesis Doctoral, 272 p. Inédito]
- Melchor, R. 2000. Redefinición estratigráfica de la Formación Carapacha (Pérmico), provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54(1999): 469-478.
- Melchor, R. y Casadio, S. 1997. [Descripción de la hoja geológica 3766-11, La Reforma (1:250.000), provincia de La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires, 60 p. Inédito].
- Melchor, R. y Césari, S. 1991. Algunos elementos paleoflorísticos de la Formación Carapacha (Pérmico Inferior), provincia de La Pampa, República Argentina. *Ameghiniana* 28: 347-352.
- Melchor, R. y Césari, S. 1997. Permian floras from Carapacha Basin, central Argentina. Description and Importance. *Geobios* 30: 607-633.
- Metcalf, C. y Chalk, L. 1950. *Anatomy of the Dicotyledons*. Oxford University Press, Oxford, 1500 p.
- Mussa, D. 1982. Nova forma do complexo Vertebraria nos argilitos carbonosos da Formação Rio Bonito, Santa Catarina, Brasil. *Boletim Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo* 13: 66-74.
- Mussa, D. 1986. Eustelos gondwanicos de medulas diafragmadas e a sua posicao estratigrafica. *Boletim Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo* 17: 11-26.
- Mussa, D., Carvalho, R. y Saad, A. 1978. Medula do tipo *Artisia* (Mussa) na Formação Irati (Permiano), Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo* 9: 114-117.
- Prasad, M. 1978. [Contribution to the knowledge of fossil plants from Kamthi Beds of Maharashtra, India. Thesis Lucknow University, 202 p. Inédito]
- Sah, S. y Jain, K. 1964. Some fossil woods from the Jurassic of Rajmahal Hills, Bihar, India. *The Palaeobotanist* 12: 169-179.
- Scott, D. y Maslen, A. 1910. On *Mesoxylon* a new genus of Cordaitales. Preliminary note. *Annals of Botany* 24: 236-239.
- Taylor, T. y Taylor, E. 1993. *The biology and evolution of fossil plants*. Prentice Hall, 928 p.
- Vilela, C. y Riggi, J. 1957. Rasgos geológicos y petrográficos de la Sierra de Lihuel Calel. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 11(1956): 217-272.

Recibido: 5 de marzo de 1999.

Aceptado: 5 de noviembre de 1999.