

La megafloora de la Formación Tupe (Carbonífero Superior-Pérmico Inferior), en la Mina La Delfina, San Juan, Argentina*

Eliana P. COTUREL¹ & Pedro R. GUTIÉRREZ¹⁻²

¹Sección Paleopalínología, Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia», Av.

A. Gallardo 470, C1405DJR Buenos Aires, Argentina. ²CONICET. prgutierrez@macn.gov.ar

Abstract: The flora of the Tupe Formation (Upper Carboniferous-Lower Permian), at La Delfina Mine, San Juan, Argentina. Two plant assemblages from three levels of the Tupe Formation at La Delfina mine, north of Cuesta de Huaco in the San Juan Precordillera are described. The first assemblage occurs at the lower part of the Tupe Formation (levels N1 and N2), and is referred to the NBG (*Nothorhacopteris argentinica*-*Botrychiopsis weissiana*-*Gynkgophyllum diazii*) Biozone, that characterizes the Upper Carboniferous of NW Argentina. The second association was obtained from a third level (N7), 55 m approximately above level N2. It is composed by scarce remains referable with doubts to *Kraeuselcladus argentinus* Archangelsky, which could suggest the presence of the Uppermost Carboniferous Interval megaflorestic Biozone. Sixty meters above this level a fossiliferous marine horizon occurs with elements of the Lower Permian, *Tivertonia-Streptorhynchus* Biozone. Thus, the Tupe Formation, in the area of the San Juan Precordillera, is referred to the Upper Carboniferous -Lower Permian interval, and the fossiliferous section at La Delfina mine is proposed as a potential stratotype for the Carboniferous-Permian boundary.

Key words: Argentina, San Juan, Upper Carboniferous-Lower Permian, Tupe Formation, Flora, Systematics, Biostratigraphy.

En esta contribución se presenta la descripción de dos asociaciones megafloresticas obtenidas de tres horizontes fosilíferos ubicados en la parte inferior de la Formación Tupe, que aflora al sur de la Mina La Delfina (Fig. 1), unos 8 km al norte de la cuesta de Huaco (noreste de la provincia de San Juan), en la denominada Precordillera sanjuanina (Cuenca Río Blanco-Calingasta-Uspallata; Limarino *et al.*, 1996).

Este sector de la Precordillera presenta un especial interés por la riqueza paleontológica que exhibe el Paleozoico Superior que allí aflora, y que comprende el intervalo Carbonífero Superior-Pérmico Inferior, representado por las Formaciones Guandacol, Tupe y Patquía según el esquema propuesto por Limarino *et al.* (1988) en reemplazo de la terminología de Furque (1963), para el área. Provisoriamente, se utilizará la propuesta de Limarino *et al.* (1988), por ser la más aceptada en la actualidad (véase Limarino *et al.*, 1996); sin embargo ésta merece ser discutida, aunque ello corresponderá a futura contribución ya que la misma excede los objetivos de este aporte.

Los afloramientos de interés conforman el ala occidental del anticlinal de Huaco (Fig. 1) y se apoyan en forma discordante sobre la Formación San Juan (Ordovícico). El contacto entre las unidades neopaleozoicas es transicional.

Las Formaciones Guandacol y Tupe, en la Precordillera sanjuanina han brindado abundantes restos florísticos y asociaciones microflorísticas, en especial en la zona de Huaco (véase Archangelsky *et al.*, 1987; Limarino *et al.*, 1996). En forma puntual, en la quebrada de La Delfina, han sido descriptas varias pali-nofloras (Ottone & Azcuy, 1986, 1990: Formación Guandacol) y megaflorestas (Ottone & Azcuy, 1986: Formación Tupe). En este trabajo se describen restos megafloresticos provenientes de tres niveles de la sección inferior de la Formación Tupe. Los dos inferiores son correlacionables con aquellos analizados por Ottone & Azcuy (1986).

También se debe mencionar que en la parte inferior de la Formación Tupe (véase figuras 2 y 3 de Ottone & Azcuy, 1986; y la figura 2 de este trabajo), y por encima de los niveles plantíferos, se han identificado varios niveles con fauna marina (Ottone & Azcuy, 1986, Sabattini *et al.*, 1991; Cisterna *et al.*, en prensa) referible, a la Biozona *Tivertonia-Streptorhynchus*, característica del

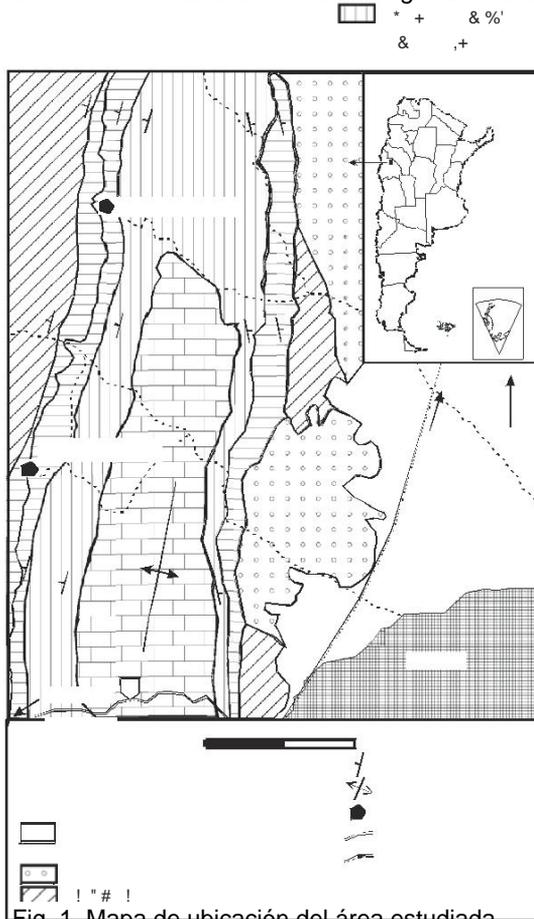


Fig. 1. Mapa de ubicación del área estudiada.

Pérmico Inferior bajo del oeste argentino (véase Archangelsky *et al.*, 1996).

Desde el punto vista palinológico éste perfil ha brindado varias microfioras (Fig. 2), actualmente en estudio, y cuyo resultado se discutirá en otra contribución en el marco de la información brindada por la megafiora y fauna marina. En esta forma se pretende aportar datos adicionales para la ubicación temporal de los eventos que dieron origen a esta secuencia sedimentaria y correlacionarlos con otros del Paleozoico de Argentina.

MATERIALES Y METODOS

La mina La Delfina (68°32'30" long. O, 30°05' lat. S) se ubica aproximadamente a unos 30 km de la ciudad de San José de Jáchal y a unos 4 km de Ciénaga del Vallecito, en la Cuesta de Huaco (noreste de la provincia de San Juan). El área aquí considerada está comprendida en la Hoja 18c-Jáchal (Furque, 1979). Con respecto a los antecedentes del Paleozoico Superior del área en

\$% &% (!) '



varios informes internos de YCF (véase Borrello, 1956; pp. 54-56) siendo caracterizada en forma estudio se debe mencionar que se inician desde fines de siglo XIX, los que pueden ser consultados en Ottone & Azcuy (1986), Azcuy *et al.* (1987, 2000) y Limarino *et al.* (1996).

Los estratigra- fías estudiados fueron obtenidos en los niveles denominados N1, N2 y N3 de la sección inferior de la Formación Tupe, a unos 500 m al sudoeste de la Mina La Delfina (Precordillera salina) que corresponden a improntas de un regular estado de preservación. Los estratigra- fías inferiores (N1 y N2) distan entre sí unos 10 m, mientras que el tercero (N7) ocurre unos 55 m del anticlinal se halla integrado por el N2 (Fig. 2).

Las fotografías fueron tomadas con una cámara digital Nikon Coolpix 4500. El repositorio de las imágenes es la Colección Nacional de Paleobotánica del Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia», bajo la sigla PAPD.

Geología de la zona

De la espesa secuencia neopaleozoica que aflora en la zona de la Mina La Delfina se realizó un perfil de detalle en los 200 m inferiores de la Formación Tupe (Fig. 2), colectando muestras para su análisis palinológico y restos megaflo- rísticos de tres niveles (N1, N2 y N7).

En el ala occidental del anticlinal de Huaco, específicamente en afloramientos de la Formación Tupe, existen una serie de horizontes de carbón de poca importancia económica hoy en día, pero que durante la década de 1940 fueron objeto de estudio de los geólogos de Yacimiento Carbonífero Fiscales. Uno de los horizontes más importantes

re
s
ul
ta
la
M
in
a
L
a
D
el
fi
n
a,
e
st
u
di
a
d
a
y
re
p
or
ta
d
a
e
n

Perfil Mina La Delfina

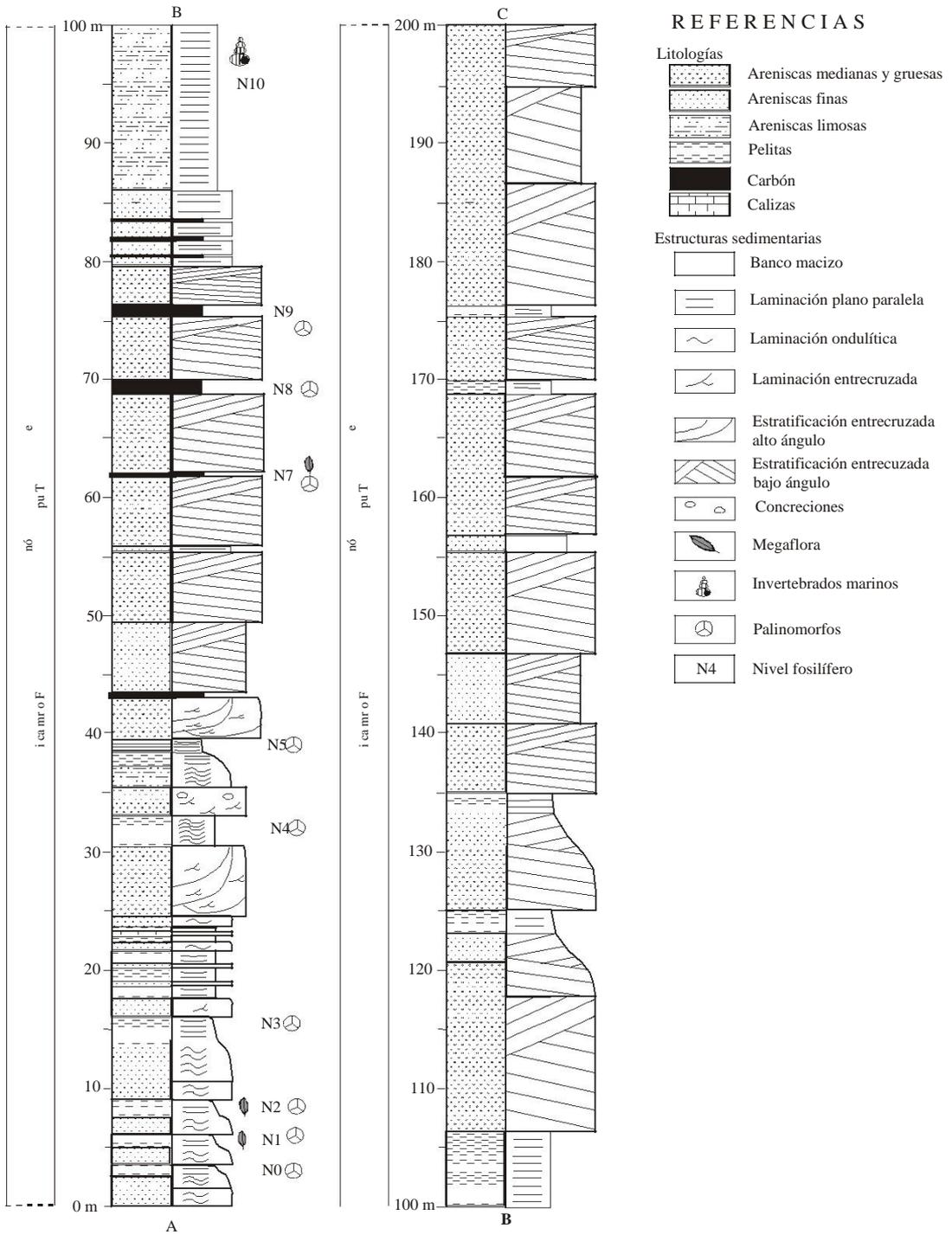


Fig. 2. Perfil estratigráfico de la Formación Tupe en el área de la mina La Delfina, San Juan.

descrita por Ottone & Azcuy (1986) e integrada por ciclos granodecrecientes que pasan de areniscas de variado grano hasta pelitas y a veces carbones en los techos. Las psamitas de grano mediano a fino, aparecen en bancos tabulares y algunos lenticulares, con estratificación entrecruzada de bajo ángulo y laminación ondulítica a entrecruzada, como estructuras dominantes. Las pelitas negras a gris oscuras, con laminación plano paralela, presentan un elevado contenido orgánico con abundantes restos de briznas y fragmentos vegetales indeterminados. La mayoría de los niveles brindaron palinomorfos y de estas pelitas provienen las megaflores aquí descritas (N1, N2, N7). Por su parte, entre los niveles carbonosos identificados en la parte superior de esta facies, son conspicuos dos de ellos que alcanzan una potencia que varía entre 20 y 80 cm (N8 y N9). El nivel N8 corresponde a los laboreos de la Mina La Delfina. De estos niveles también hemos recuperados microfloras.

La sección inferior del perfil habría sido depositada en un ambiente fluvial, probablemente por ríos meandriformes, que incluyen también evidencias de sedimentación en los pantanos de la planicie de inundación (carbones).

Por encima se suceden unos 20 m de pelitas fosilíferas de las que se colectaron abundantes restos de braquiópodos, gasterópodos y algunos artejos de crinoideos (Cisterna, com. pers. 2005), que corresponden a los mismos niveles analizados por Sabattini *et al.* (1991) y Cisterna *et al.* (en prensa). Este segmento del perfil representaría depósitos marinos litorales poco profundos, evidenciando un evento transgresivo (véase Ottone & Azcuy, 1986; Limarino *et al.*, 1988, 1996).

El resto del perfil (94 m) comprende predominantemente areniscas feldespáticas gruesas a medianas, algunas de las cuales gradan a areniscas finas y pelitas hacia el techo de los ciclos; los colores dominantes en esta litología son el rojo y el morado; la estructura dominante es la estratificación entrecruzada de bajo ángulo. Se observan en las bases de algunos estratos lentes o lechos sabulíticos hasta conglomerádicos, con clastos de hasta 3 cm de diámetro máximo y bases generalmente erosivas, con techos en contacto netos hacia las pelitas. La limolitas y fangolitas presentan colores rojizos a rojo ladrillo, algunas gris oscuro, y muestran laminación plano paralela. Esta sección corresponde a lo descrito por Ottone & Azcuy (1986) como «VI -facies de psamitas gruesas y pelitas rojizas», y se habrían depositado en un ambiente fluvial representando facies de barra, en forma predominante, y de llanura de inundación. Comparadas con la sección

arenosa inferior (facies de areniscas y pelitas con carbón), las características aquí descritas parecerían indicar una mayor energía en el ambiente de sedimentación y condiciones climáticas más áridas (Ottone & Azcuy, 1986).

Contenido paleontológico

La facies de psamitas y pelitas con carbón es portadora de las megaflores aquí analizadas la que incluyen principalmente restos fragmentarios de tallos y hojas referidas a una conífera indeterminada (*gen. et sp. indet.*) y pinnas fragmentarias referibles a *Eusphenopteris sp.* (nivel N1); fragmentos de frondes de *Nothorhacopteris argentina* (Geinitz) Archangelsky, *Fedekurtzia argentina* (Kurtz) Archangelsky y una fructificación masculina (*Rinconadia archangeskyi* Vega) (nivel N2); además restos de ejes de una conífera (probablemente *Krauselcladus argentinus* Archangelsky) (nivel N7). Véase Tabla 1.

Ottone & Azcuy (1986), en la quebrada La Delfina (1 km al noreste de la mina), y en niveles equivalentes a N1 y N2, obtuvieron restos de una megaflores integrada por *Nothorhacopteris argentina*, *Botrychiopsis weissiana* Kurtz, *Fedekurtzia argentina*, *?Bumbudendron sp.*, *?Paracalamites sp.* y una probable licópsida fructificada. Estos autores refieren la asociación a la Biozona *Nothorhacopteris argentina* -*Botrychiopsis weissiana-Ginkgophyllum diazii* (NBG), característica del Carbonífero Superior del oeste argentino (Archangelsky *et al.*, 1987).

Por otra parte, la fauna marina hallada corresponde a los niveles estudiados por Sabattini *et al.* (1991) y Cisterna *et al.* (en prensa), referidos actualmente a la Biozona *Tivertonia-Streptorhynchus* del Pérmico Inferior de Argentina (Archangelsky *et al.*, 1996).

En la Tabla 1 se resume el contenido paleontológico de la Formación Tupe en la zona de la Mina La Delfina:

DESCRIPCION SISTEMATICA

División PTERIDOSPERMATOPHYTA?

Género *Eusphenopteris* Novik 1947

Especie tipo: Eusphenopteris obtusiloba (Brongniart) Novik 1947.

Eusphenopteris sp. (Fig. 3G)

Descripción. Los ejemplares BA Pb 13553b, 13557a, 13556a, 13552b-c y 13554b incluyen fragmentos de pínulas referibles al género *Eusphe-*

Tabla 1. Contenido paleontológico de la Formación Tupe en la zona de la Mina La Delfina:

Nivel	Invertebrados	Referencia
N10	<i>Costatumulus</i> sp. Cisterna et al. <i>Kochiproductus</i> sp. Cisterna et al. <i>Lissochontes jachalensis</i> Amos <i>Orbiculoidea</i> sp. Cisterna et al. <i>Septosyringothyris keidellii</i> (Harrington) S. <i>inaequiornatus</i> Leanza S. sp. Cisterna et al. <i>Tivertonia</i> <i>jachalensis</i> (Amos) <i>Trigonotreta pericoensis</i> (Leanza) <i>Heteropecten?</i> sp. Cisterna et al. <i>Mourlonia sanjuanensis</i> Sabattini et al. <i>Myofossa</i> sp. Cisterna et al. <i>Sanguinolites?</i> sp. Cisterna et al. <i>Barrealispora tupensis</i> Sabattini et al. Artejos de crinoideos	Ottone & Azcuy, 1986 Sabattini et al., 1991 Cisterna et al., en prensa.
N7	<i>Krauselcladus argentinus?</i> Tallos y hojas de articuladas	Este trabajo
N2	<i>Fedekurtzia argentina</i> <i>Nothorhacopteris argentinica</i> <i>Rinconadia archangelskyi</i> Estructura reproductiva indeterminada Tallos y hojas de articuladas	Este trabajo
N1	Conifera indeterminada (<i>Gen. et sp. indet.</i>) <i>Eusphenopteris</i> sp. Tallos y hojas de articuladas	Este trabajo
N1-N2	<i>Nothorhacopteris argentinica</i> <i>Botrychiopsis weissiana</i> <i>Fedekurtzia argentina</i> <i>?Bumbudendron</i> sp. <i>?Paracalamites</i> sp. Licópsida fructificada?	Ottone & Azcuy, 1986

nopteris. El espécimen más completo, BA Pb 13554b (Fig. 3G), corresponde a un fragmento de fronde sin raquis preservado con dos pinnas fragmentarias cuya longitud máxima visible varía entre 0,7 y 1,1 cm y un ancho máximo de 0,8 cm. La más completa posee un eje (de 1 mm de ancho), aparentemente zigzagueante, que por lo menos 3 pinnulas fragmentarias, insertas en forma alterna subopuesta. La segunda pinna exhibe la pinnula apical trilobulada de hasta 6 mm de ancho máximo y 6 mm de largo.

Comentarios. El carácter fragmentario del material hallado no nos permite realizar comparaciones más detalladas con las especies referibles a *Eusphenopteris*. Por lo tanto la asignación específica queda abierta hasta poder contar con ejemplares más completos que nos permitan su mejor caracterización morfológica.

Familia Austrocalyxaceae Vega & Archangelsky 1996

Género ***Nothorhacopteris***
Archangelsky 1983

Especie típica: Nothorhacopteris argentinica
(Geinitz) Archangelsky 1983.

Nothorhacopteris argentinica (Geinitz)
Archangelsky 1983
(Fig. 5A)

Descripción. El ejemplar BA Pb 13559 (Fig. 5A) corresponde a un fragmento de fronde de 4,9 cm de largo, con un raquis principal de 0,4 cm de ancho, portando en un lateral 2 pinnulas flabeliformes, de base peciolada, ancho 2,2 cm y largo 2 cm; con venación abierta y dicótoma.

Comentarios. A pesar de lo fragmentario y es-caso del material las características que exhibe nos permiten referirlo sin dudas a *Nothorhacopteris argentinica*.

Género **Fedekurtzia** Archangelsky 1981

Especie tipo: *Fedekurtzia argentina* (Kurtz) Archangelsky 1981.

Fedekurtzia argentina (Kurtz)
Archangelsky 1981
(Figs. 4A, 4C y 4E-G)

Descripción. El ejemplar BA Pb 13558 (Fig. 4A) correspondería al sector medio de una fronde bipinnada, con un raquis de 10,5 cm de largo y 6 mm de ancho máximo. A ambos lados del mismo se insertan pinnas (de hasta 30 mm de largo), en ángulos agudos y subopuestas, en planos oblicuos respecto al raquis y ligeramente superpuestas; el estado de preservación del material no permite observar claramente la parte basal de las pinnas. Éstas presentan por lo menos 2 pínulas a cada lado del raquis secundario, de forma ovalada, sin poder apreciarse las apicales.

El ejemplar BA Pb 13564 (Fig. 4F) corresponde a un fragmento del sector medio-superior de una fronde bipinnada de 60 mm de largo y 50 mm de ancho máximo, con un raquis principal de 3 mm de ancho y 60 mm de longitud, en el cual se insertan 4 pinnas ovaladas, en forma subopuesta. La base de inserción de las pinnas no se observa claramente por la superposición parcial entre éstas. La pinna más completa (Fig. 4F-a) presenta una longitud de 33 mm y está integrada por 5 pínulas ovaladas a espatuladas, con una incipiente bilobulación.

Por su parte, en el ejemplar BA Pb 13563 (Fig. 4G) se observan 2 fragmentos superpuestos: el primero (Fig. 4G-a) corresponde a un sector medio de una fronde de 49 mm de longitud, donde se observan 5 fragmentos de pinnas insertas en ángulos agudos en un raquis de 6 mm de ancho. Las pinnas basales son mayores y presentan 3 pínulas ovaladas, levemente bilobuladas de bases decurrentes, de 22 mm de longitud total y 24 mm de ancho máximo. El segundo fragmento (Fig. 4G-b) corresponde a una porción de fronde de 36 mm de largo, compuesto por un raquis de 5 mm de ancho, donde se insertan por lo menos 3 pinnas fragmentarias, sobre su margen derecho.

Los ejemplares BA Pb 13562-a y -b (Fig. 4E) corresponden a una impronta y contra-impronta de un fragmento de fronde bipinnada, donde pueden apreciarse 2 pinnas insertas en un raquis principal (Fig. 4E-a) de 3 mm de ancho. La pinna

más completa (Fig. 4E b) se inserta con un ángulo de 60° con respecto al raquis y alcanza los 40 mm de largo y 25 mm de ancho máximo. Está integrada por 2 pínulas ovaladas y mal preservadas a cada lado del raquis secundario (1,5 mm de ancho) y una pínula apical de la que solo se aprecia la base.

Los ejemplares BA Pb 13559, 13573 y 13576, corresponderían a la parte basal-inferior de la fronde. El mejor preservado (BA Pb 13559, Fig. 4C) exhibe, insertas sobre un eje (110 mm de largo y 5 mm de ancho), 4 expansiones aliformes de ancha base de adherencia (12 mm), aparentemente subopuestas, levemente trilobadas, alcanzan los 1,2 mm de ancho máximo y 2,5 mm de largo.

Comparaciones. Los fragmentos de fronde aquí descritos coinciden en sus características morfológicas con el material descrito por Archangelsky (1981: Formación Jejenes), Césari (1986: Formación Tupe) Césari & Limarino (1988: Formación Tupe) y Gutiérrez (1994: Formación Agua Colorada).

Género **Rinconadia** Vega 1995

Especie tipo: *Rinconadia archangelskyi* Vega, 1995.

Rinconadia archangelskyi Vega 1995
(Figs. 3D-b, 3F, 3H, 4B y 4D)

Descripción. El ejemplar BA Pb 13588 (Fig. 3F y 3H) comprende manojos de esporangios que se agrupan de a pares, aparentemente fusionados en sus bases a un eje longitudinal de hasta 1 mm de largo y 1 mm de ancho. Los esporangios alcanzan 2,2 mm de largo por 0,5 mm de ancho máximo. Por su parte, el espécimen BA Pb 13586 (Fig. 4B) comprende 2 fragmentos de estructuras masculinas, asociadas a ejes longitudinales, el primero (Fig. 4B-a) posee esporangios ovalados y de a pares, de 4 mm de largo y 1 mm de ancho máximo, ubicados sobre un eje incompleto de 9 mm de largo. Por su parte en el segundo espécimen (Fig. 4B-b), puede apreciarse un eje de 25 mm de longitud, del que surgen esporangios fusiformes fusionados de a pares en sus bases.

Por último, el ejemplar BA Pb 13587 (Fig. 3F-b, 4D) incluye un fragmento de fructificación masculina, integrado por esporangios (2,5 mm de largo por 1 mm de ancho) agrupados de a pares, en los cuales se puede observar estriaciones longitudinal-helicoidales.

Comentarios. El material aquí descrito probablemente corresponde a fragmentos apicales (BA Pb 13586, 13587 y 13588) de la fructificación, que muestran la impronta de grupos compactos

de esporangios fusiformes que se adhieren (en vista lateral) por su base y de a pares a un eje, mientras que en vista polar aparecen adheridos en disposición radial a un eje. No fue posible recuperar palinomorfos de los esporangios.

Por las características morfológicas que exhibe este material, a pesar de su carácter fragmentario, puede ser referido sin duda a *Rinconadia archangelskyi* Vega (véase Césari & Limarino, 1988; Vega, 1995; Césari *et al.*, 2001).

Planta incertae sedis

(Estructura reproductiva indeterminada)

(Fig. 3D-a)

Descripción. El ejemplar 13587 corresponde a un estructura incompleta (32 mm de longitud por 30 mm de ancho), en la que se observa una zona basal (4 mm de ancho) y 3 expansiones de contorno y forma irregular: 2 sobre el sector izquierdo (la inferior con 19 mm de largo y 7 mm de ancho basal; la superior: 5 mm de ancho basal y 15 mm de largo) y una, incompleta, sobre el sector derecho de la estructura. Excepto en la zona basal de la lámina, y en la mayor parte de la expansión inferior izquierda, se puede observar una serie de cicatrices (25 en total), pequeñas (0,5 a 1 mm) y de forma poco definidas dispuestas en un aparente ordenamiento helicoidal sobre las láminas foliares.

Comparaciones. Nuestro material presenta ciertas similitudes con la parte basal de las estructuras de reproducción femeninas (cúpulas), asociadas con frondes de *Fedekurtzia argentina* y/o *Rinconadia archangelskyi*, y que fueron descritas por Gutiérrez (1994) y Césari *et al.* (2001). El carácter fragmentario del ejemplar descrito nos lleva a mantener abierta la asignación, por lo menos hasta que nuevas colecciones permitan obtener ejemplares mejor preservados.

Orden CONIFERALES

Género ***Krauselcladus*** Yoshida 1970

Especie tipo: *Krauselcladus canoinhensis*
Yoshida, 1970.

Krauselcladus sp. cf. K. argentinus

Archangelsky 1978

(Figs. 5B-F)

Descripción. El ejemplar BA Pb 13589 (Figs. 5B, 5E; contramolde: Fig. 5F) corresponde a un fragmento de ramificación de antepenúltimo orden, de 6,9 cm de largo y 3 mm de ancho, que porta hojas homomórficas, simples, de margen entero

y recto, insertas en disposición opuesta y laxa. El largo de las hojas alcanza los 5 mm y el ancho es de 1 mm. Se observan dos ramificaciones de último orden (Fig. 5B-flecha). La inferior mide 0,7 cm de largo, con hojas dispuestas compactamente y posee una estructura terminal, que probablemente pueda ser interpretada como un botón vegetativo. La ramificación superior (Fig. 5B: re-cuadro y 5C) con una longitud de 1 cm y 1 mm de ancho, porta hojas simples, de márgenes enteros, ápice agudo con bases anchas y decurrentes, la parte libre alcanza los 3 mm de largo y 1 mm de ancho; remata a su vez en una estructura de 2 mm de largo y 1 mm de ancho, que tiene el ápice aparentemente bifurcado, y que también podría interpretarse como un botón vegetativo.

El ejemplar BA Pb 13590 (Figs. 5D y 5E) corresponde a un fragmento de rama de primer orden, de 6 cm de largo y 0,25 cm de ancho. En su base lleva hojas dispuestas compactamente, en el resto del eje se disponen más laxamente. Estas hojas tienen un largo máximo de 0,6 cm y un ancho de 0,25 mm.

Comparaciones. *Krauselcladus argentinus*

Archangelsky 1978 (p. 434, lám. III, fig. 3; lám. IV, fig. 1-3) resulta la especie más próxima a nuestro material (en ambas las hojas son simples, homomórficas, de margen entero y dimensiones similares), solo que en los ejemplares aquí descritos no se observa claramente la presencia de marcas de inserción foliar; tampoco la naturaleza del ápice de las hojas. Por otra parte, en el material tipo se pueden apreciar las inserciones de las hojas, que poseerían 2 venas submarginales paralelas. Estas diferencias pueden atribuirse a la pobre preservación de nuestro material, que además correspondería a una porción más distal de la planta que el espécimen tipo.

Un aspecto y dimensiones muy similares exhibe también el material de la Formación Santa Máxima, descrito como *Incertae Sedis* Forma A por Ottone & García (1991, pág. 313, lám I fig. 4 y 5; text. Fig. 2), aunque en nuestros ejemplares no es posible apreciar la presencia de cicatrices foliares. Consideramos que tanto nuestros especímenes como los descritos por Ottone & García (1991) muy probablemente sean coespecíficos.

Coniferae?

Gen. et sp. indet.

(Figs. 3A-C y 3E)

Descripción. Fragmentos de ejes de entre 0,7 y 1,8 cm de ancho y hasta 8 cm de largo, que presentan hojas adpresas de base ancha (equivalen-

te al diámetro del tallo) y de hasta 2 cm de largo (sin ápice visible). Hojas insertas en forma decurrente por sus bases, estriadas, se separan del tallo en un ángulo de 60°. La superficie de las hojas (Fig. 3C), en ocasiones presenta dos tenues surcos (venas?) marginales paralelos a los bordes, y se insinúa un tercero en el medio de la hoja. Se observa una cicatriz (Figs. 3A y 3B), aparente-mente correspondiente a parte de la inserción de la hoja, formada por una depresión elongada transversalmente de límite superior bien marcado, recto, y el inferior difuso. Por debajo de la cicatriz (Fig. 3B), una pequeña zona de lados superiores rectos (3) con una carena longitudinal en su zona media y de base no visible.

El ejemplar BA Pb 13550 (Figs. 3A y 3B) corresponde a un fragmento de eje de hasta 8 cm de largo por 0,7 cm de ancho, que presenta una cicatriz foliar (?) compuesta por una zona elongada longitudinalmente con el borde inferior no visible y con una carena media bien marcada que remata hacia el ápice en una muesca prominente, elongada en sentido transverso, con el límite inferior poco marcado y el superior recto y conspícuo. El tallo es estriado longitudinalmente, con estrías que nacen en los bordes superiores de la cicatriz. Se observan expansiones laminares acintadas simples (hojas?) de hasta 2 cm de largo y 0,6 cm de ancho, insertas en forma paralela al tallo en el 1/5 inferior de la hoja, para luego disponerse en un ángulo de aproximadamente 45° con respecto al eje central, aparentemente no bifurcadas, sin ápice preservado.

El ejemplar BA Pb 13551 (Fig. 3D) corresponde a un fragmento de eje de 6,7 cm de largo y 1,8 cm de ancho en la base, y 1,2 cm de ancho en la zona media. Presenta, en su porción apical, una zona laminada y laciniada. Se observan 4 hojas(?), con una longitud máxima de 4 cm. No se observan cicatrices foliares, pero es visible el estriado longitudinal sobre la superficie del tallo, que al igual que en el ejemplar 13550, se continúa en las hojas.

Dimensiones (4 ejemplares). Ejes principales de 6,7-8 cm de largo y 0,7- 1,8 cm de ancho. Hojas(?) de 4 cm de longitud máxima observada y un ancho de hasta 0,6 cm.

Comparaciones y discusión. Coniferae?-Gen. et sp. indet. presenta una superficial similitud con las briofitas, licofitas y a los géneros *Krauselcladus* Yoshida (1970) y *Polyspermophyllum* Archangelsky & Cúneo (1990). De las primeras se separa por las características de las hojas (grandes, acintadas, estriadas y de aspecto coriáceo). Las licofitas se diferencian por la presencia de cojinetes foliares y de micrófilas. *Polyspermophyllum* se separa principalmente por

la naturaleza de los apéndices foliares (bífidos); mientras *Krauselcladus* se diferencia por presentar tamaños menores (tallo de hasta 5 mm de ancho máximo y hojas de hasta 2 cm de largo por 1 mm de ancho), hojas de naturaleza uninervada y cojinetes fusiformes, elongados según el eje mayor del tallo, de hasta 1 mm de ancho, sin cicatriz foliar.

Los ejemplares descritos como Conífera Forma A por Césari (1987, p. 189, lám. II fig. 3 y 6), para la Formación La Colina en el área de Amaná (La Rioja), presentan un aspecto muy parecido al material de La Delfina, sin embargo en éste no se observa dimorfismo foliar ni ramificaciones, tampoco hojas uninervadas.

Un aspecto similar con nuestro material surge de la ilustración de aquél proveniente de la Formación Santa Máxima, descrito como *Incertae Sedis* Forma A por Ottone & García (1991, pág. 313, lám I fig. 4 y 5; text. Fig. 2) . El mismo presenta micrófilas mucho más largas que anchas y de bases más angostas, una filotaxis con más de 2 hojas por giro y dimensiones generales menores. Por otra parte, muy probablemente el material de Santa Máxima posea una ubicación sistemática más correcta en *Krauselcladus argentinus* Archangelsky (1978).

Para la Formación Tupe, en la Quebrada de La Delfina, Ottone & Azcuy (1986; lám. II, figs 4 y 6) ilustraron material semejante al aquí descrito, clasificado como «licópsida fructificada?»; la observación de esos ejemplares nos permitió separarlos claramente, confirmando su asignación al grupo de las licópsidas.

Una semejanza superficial exhibe el material ilustrado por Sessarego & Césari (1989, p. 255, pl. II, figs. 7, 9) como «Gymnospermae?», el que parece tener dimensiones menores, un aspecto más coriáceo y hojas con bases más desarrolladas.

Discusión de la edad de la asociación

Tradicionalmente la Formación Tupe, en su área tipo, en la Sierra de Maz (La Rioja) es referida al Carbonífero Superior (véase Azcuy *et al.*, 1987; Limarino *et al.*, 1988, 1996; Archangelsky *et al.*, 1996) a partir de su contenido florístico (mega y microfloras) . La presencia en el área de mina La Delfina, de la Biozona T-S en la parte cuspidal de la Formación Tupe ha planteado dudas sobre el rango cronológico de la unidad (Cisterna *et al.* , 2001; Simanaukas *et al.*, 2003; Archbold *et al.*, 2004) . Por su parte la edad de la Biozona TS también ha sido discutida (Carbonífero Tardío: González, 1985; Sabbatini *et al.*, 1991; Archangelsky *et al.*, 1987; Carbonífero Tardío-Pérmico Temprano: Archangelsky *et al.*, 1996).

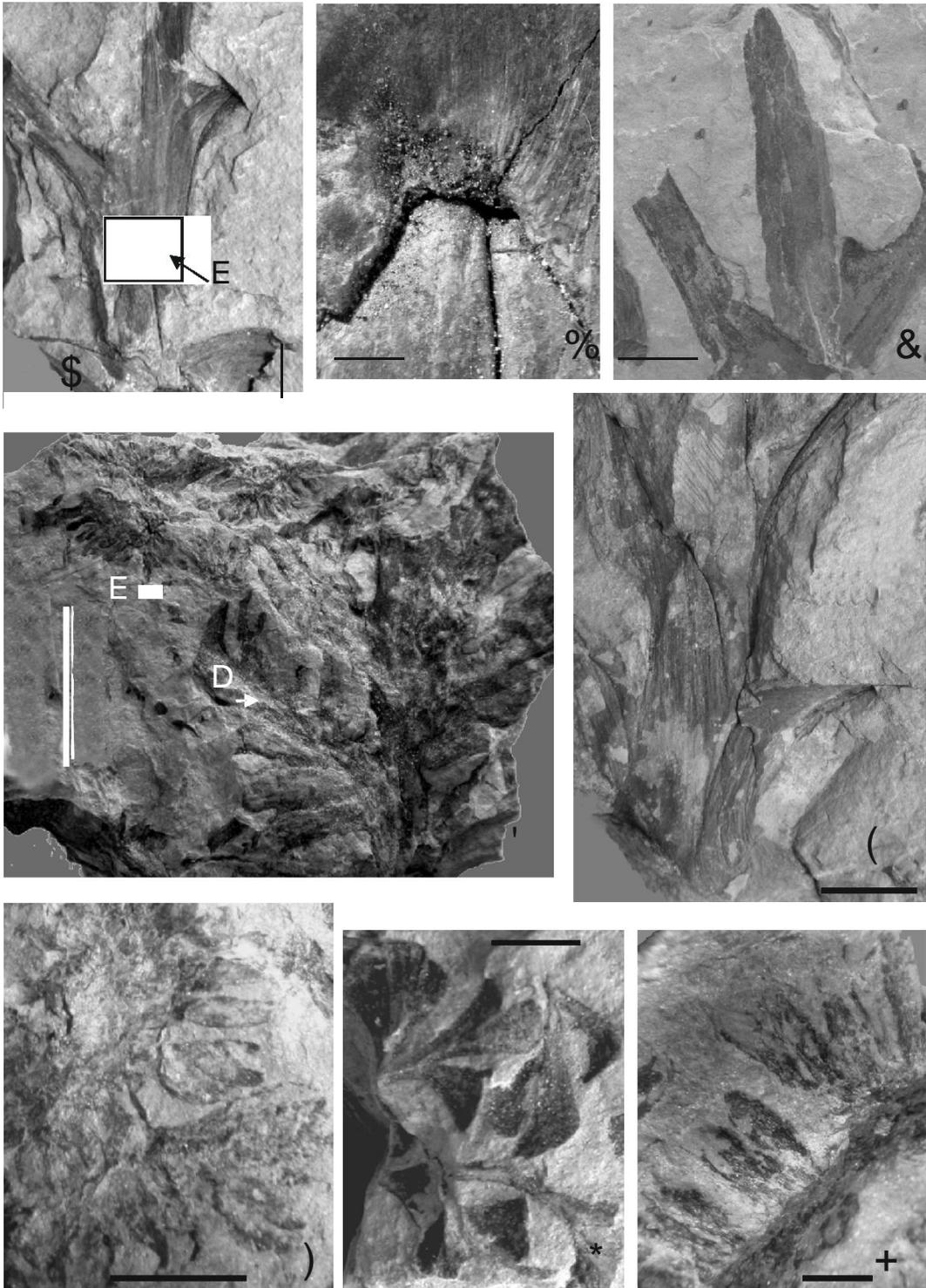


Fig. 3. A-C, E, Coniferae, *Gen. et sp. indet.*; A-B, BA Pb 13550, forma general del tallo; B, detalle de la cicatriz; C, BA Pb 13555: aspecto general de las hojas; E, BA Pb 13551. D.a, BA Pb 13587, *Planta incertae sedis*, Estructura reproductiva indeterminada; D.b, F, H, *Rinconadia archangelskyi* Vega, D.b, BA Pb 13587; F, H, BA Pb 13588: detalle de los esporangios. G, *Eusphenopteris sp.* BA Pb 13556b: fragmentos de pinnas. Barra= 1cm, excepto en B y G (=0,25 cm), E (=0,5 cm) y H (=0,1 cm).

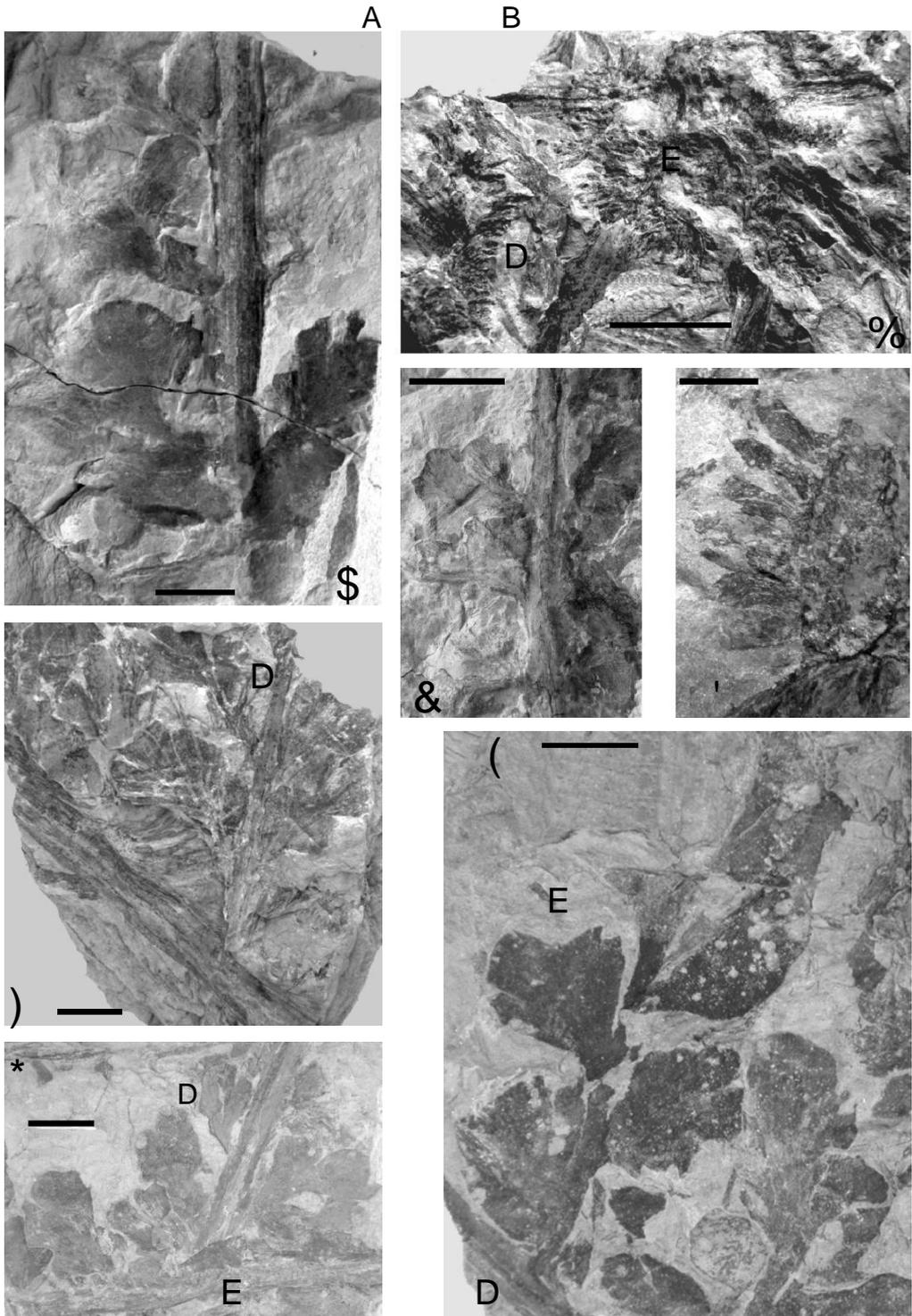


Fig. 4. A, C, E-G, *Fedekurtzia argentina* (Kurtz) Archangelsky; A, BA Pb 13558; C, BA Pb 13559; E, BA Pb 13562a; F, BA Pb 13564 y G, BA Pb 13563: aspecto general de fragmentos de frondes superpuestos (a y b). B, D, *Rinconadia archangelskyi* Vega, B, BA Pb 13586b: aspecto de los agrupamiento de esporangios (a, b); D, BA Pb 13587, detalle de los esporangios de la figura 4.F.b. Barra= 1 cm, excepto en D (0,25 cm).

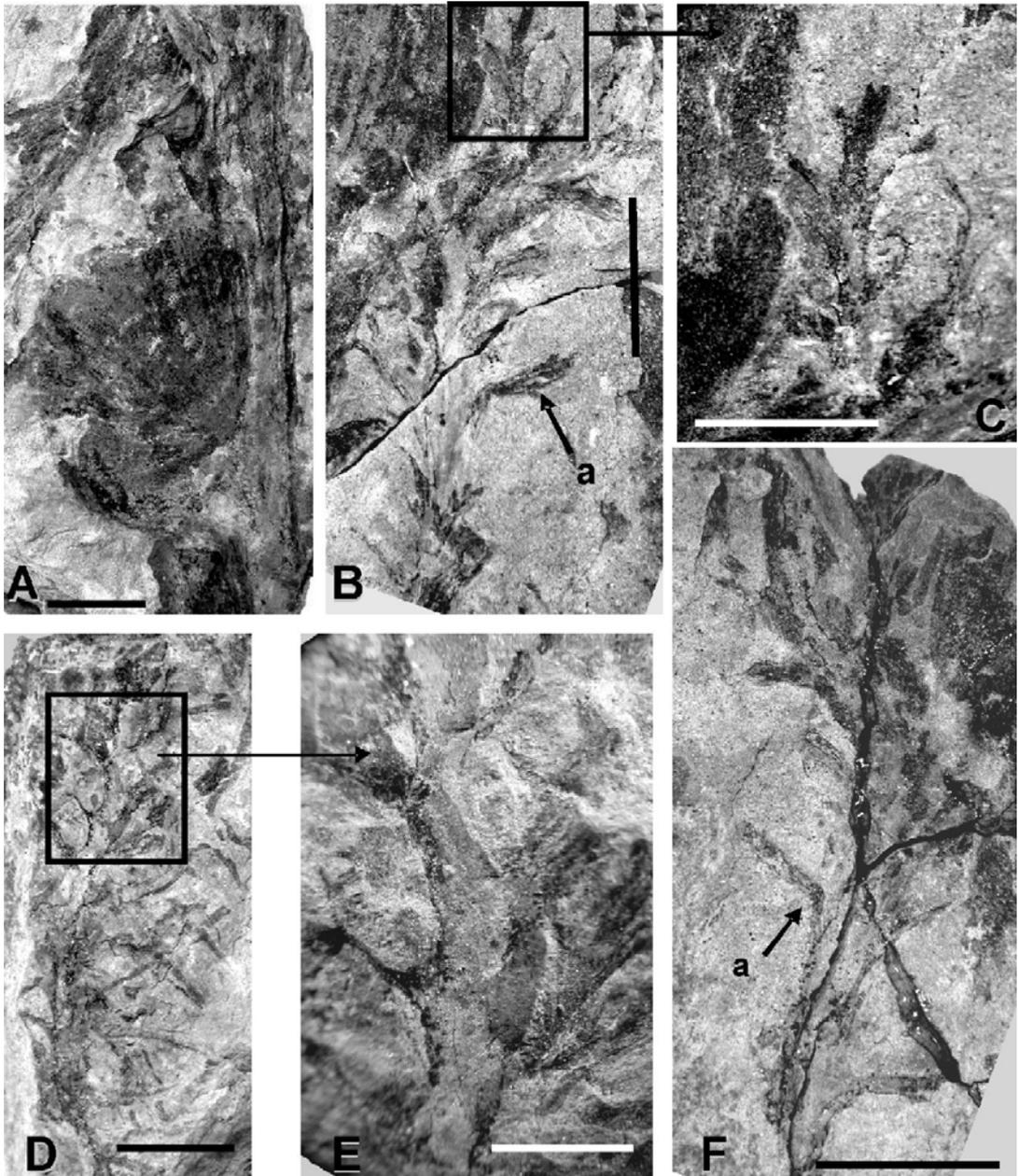


Fig. 5. A, *Nothorhacopteris argentina* (Geinitz) Archangelsky, BA Pb 13559. B-F, *Krauselcladus* sp. cf. *K. argentinus* Archangelsky; B y C, BA Pb 13589 (C detalle de B); D y E, BA Pb 13590 (E detalle de D); F, BA Pb 13589a (contramolde de BAPb 13589). Barra = 1 cm, excepto C y E = 0,5 cm.

En la zona de Precordillera, se mencionaron nuevas asociaciones palinológicas provenientes de afloramientos de la Formación Tupe en la quebrada de La Herradura, San Juan (Vergel & Fasolo, 1999a, 1999b; Vergel & Cisterna, 2001) que permitieron referir los términos superiores de la unidad a niveles cercanos al límite Carbonífero-Pérmico o al Pérmico Inferior, reforzado esto por

la presencia de una fauna asociada (Cisterna *et al.*, 2001, 2002) que indicaría esa edad.

En este contexto la megaflore aquí descrita, nos permite en forma provisoria referir los niveles N1 y N2 a la clásica Biozona NBG, mientras que el N7 (con un cierto margen de dudas) a la Biozona de Intervalo (básicamente por la presencia de *Krauselcladus* sp. cf. *K. argentinus*). Consi-

derando la ubicación estratigráfica de los niveles fosilíferos (véase Fig. 2), tanto florísticos como faunísticos, así como la edad que ellos indicarían, es posible señalar que las sedimentitas aquí analizadas en el área de la Mina La Delfina y referidas a la Formación Tupe se habrían depositado hacia fines del Carbonífero Tardío y principios del Pérmico Temprano. Ésta es una de las secuencias del oeste argentino, además de la Formación Río del Peñón (Gutiérrez & Limarino, en prensa), donde la transición Carbonífero-Pérmico se halla documentada paleontológicamente (megaflora, palinomorfos e invertebrados marinos).

CONCLUSIONES

1) Se destaca la primera identificación en sedimentitas referidas a la Formación Tupe (en el área del anticlinal de Huaco, San Juan) de *Krauselcladus* sp. cf. *K. argentinus* y *Rinconadia archangelskyi*.

2) Se confirma la presencia de las Biozonas NBG (megaflora; niveles N1 y N2) y TS (invertebrados marinos; nivel N10) en la Formación Tupe. Probablemente, en una posición intermedia (N7) también esté representada la Biozona megaflorestica Intervalo.

3) El contenido megaflorestico y faunístico permite ubicar la Formación Tupe en el Carbonífero Superior alto-Pérmico Inferior en el área de Precordillera.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Gabriela Cisterna, a los Lics. Lucía Balarino y Patricio Desjardins por su colaboración en las tareas de campo. A los Dres. Silvia Césari y Rubén Cúneo por sus observaciones que permitieron mejorar el manuscrito original.

Este trabajo fue financiado por el subsidio PICT N° 07-11817/2002-ANPCYT (El límite carbonífero-pérmico en las cuencas del centro oeste de argentina en base a su fauna de braquiópodos, contenido palinológico y megaflora).

BIBLIOGRAFIA

- Archangelsky, S. 1978. Nuevos elementos paleoflorísticos de la Formación Trampeadero (Carbónico), Sierra de Ambato, Provincia de La Rioja. *Ameghiniana* 15:429-439.
- *Fedekurtzia*, a new Carboniferous frond from Gondwanaland and its fructifications. *American Journal of Botany* 68:1130-1138.
- 1983. *Nothorhacopteris*, a new generic name for some Carboniferous monopinnate fronds of Gondwanaland (= *Rhacopteris ovata* auct. and *Pseudorhacopteris* Rigby 1973). *Rev. Palaeob. Palynol.* 38:157-172.
- Archangelsky, S. & R. Cúneo. 1990. *Polyspermophyllum*, a new Permian gymnosperm from Argentina, with considerations about the Dicranophyllales. *Rev. Palaeob. Palynol.* 63:117-135.
- Archangelsky, S., C. L. Azcuy, C. R. González & N. Sabattini. 1987. XIV. Edad de las biozonas. En: S. Archangelsky (ed.), *El Sistema Carbonífero en la República Argentina*, pp. 293-301. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
- Archangelsky, S., C. L. Azcuy, S. N. Césari, C. R. González, M. A. Hünicken, A. Mazzoni & N. Sabattini. 1996. Correlación y edad de las biozonas. En: S. Archangelsky (ed.), *El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay*, pp. 203-226. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
- Archbold, N. W., G. A. Cisterna & T. Simanuskas. 2004. The Gondwanan Carboniferous-Permian Boundary Revisited: New Data from Australia and Argentina. *Gondwana Research* 7(1):125-133.
- Azcuy, C. L., R. R. Andreis, A. J. Cuerda, M. A. Hünicken, M. V. Pensa, D. A. Valencio, J. F. Vilas, A. J. Amos, S. Archangelsky, F. Berkowski & R. R. Leguizamón. 1987. III. Cuenca Paganzo. En: S. Archangelsky (ed.), *El Sistema Carbonífero en la República Argentina*, pp. 41-99. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
- Azcuy, C. L., H. A. Carrizo & R. Caminos. 2000. Carbonífero y Pérmico de las Sierras Pampeanas, Famatina, Precordillera, Cordillera Frontal y Bloque de San Rafael. En: R. Caminos (ed.), *Geología Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales* 29(1999): 261-318. Buenos Aires.
- Bordonaro, O. 2000. Cámbrico y Ordovícico de la Precordillera y Bloque San Rafael. En: R. Caminos (ed.), *Geología Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales* 29(1999): 189-204. Buenos Aires.
- Borrello, A. V. 1956. Recursos minerales de la República Argentina. III. Combustibles sólidos minerales. *Instituto Nacional de Investigaciones de Ciencias Naturales, Museo B. Rivadavia, Revista Ciencias Geológicas* 5, 655 pp. Buenos Aires.
- Césari, S. N. 1986. Megafloras de la Formación Tupe en Sierra de Maz y Ciénaga del Vallecito, Cuenca Paganzo, Argentina. *Anales Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38:111-137. Buenos Aires.
- 1987. Estudio sistemático de las plantas fósiles de la Formación La Colina (Paleozoico Superior), provincia de La Rioja. *Anales Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 39:179-194. Buenos Aires.
- Césari, S. N. & C. O. Limarino. 1988. Fructificaciones asociadas a *Botrychiopsis* en sedimentitas lacustres del Carbonífero, provincia de San Juan, Argentina. *Revista Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología* 11:7-11.
- Césari, S. N., P. R. Gutiérrez, L. Fauqué & C. Limarino. 2001. La secuencia carbonífera de Puesto Tapi-che (Precordillera de San Juan, Argentina): ubica-

- ción estratigráfica y contenido paleoflorístico. *Asociación Paleontológica Argentina. Publicación Especial 8. XI Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología*: 19-28.
- Cisterna, G. A., T. Simanaukas & N. W. Archbold. 2002. Permian brachiopods from the Tupe Formation, San Juan Province, Precordillera, Argentina. *Alcheringa* 26:177-200.
- Cisterna, G. A., A. F. Sterren & N. W. Archbold (en prensa). A review of the *Tivertonia jachalensis-Streptorhynchus inaequioratus* Biozone in La Delfina Creek, San Juan province, Argentina. *Ameghiniana*.
- Cisterna, G. A., T. Simanaukas, N. W. Archbold, M. M. Vergel, M. Martínez & A. F. Sterren. 2001. El intervalo marino de la Formación Tupe en la quebrada de La Herradura (Cuenca Paganzo): nuevas interpretaciones sobre su edad, bioestratigrafía y relaciones paleobiogeográficas. 2° *Simp. Arg. Paleoz. Sup.* (Trelew), *Resúmenes*:9.
- Furque, G. 1963. Descripción geológica de la Hoja 17b-Guandacol, prov. La Rioja, prov. San Juan. *Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín* 92, 104 pp. Buenos Aires
- Furque, G. 1979. Descripción geológica de la Hoja 17c, Jáchal, provincia de San Juan. *Servicio Geológico Nacional, Boletín* 164, 79 pp. Buenos Aires
- González, C.R. 1985. Esquema bioestratigráfico del Paleozoico Superior marino de la Cuenca Uspallata-Iglesia. República Argentina. *Acta Geológica Lilloana* 16(2): 231-244. San Miguel de Tucumán.
- Gutiérrez, P. R. 1994. Fructificaciones asociadas a *Fedekurtzia* Archangelsky en el Carbonífero de la Provincia de La Rioja, Argentina. *Ameghiniana* 31:239-248.
- Gutiérrez, P. R. & C. O. Limarino (en prensa). El perfil del sinclinal del Rincón Blanco (noroeste de La Rioja, República Argentina): el límite Carbonífero-Pérmico en el noroeste argentino. *Ameghiniana*.
- Limarino, C. O., H. H. Sessarego, S. N. Césari & O. R. López Gamundi. 1988. El perfil de La Cuesta de Huaco, estratotipo de referencia (hipoestratotipo) del Grupo Paganzo en la Precordillera Central. *Anales de Academia Nacional de Ciencias Exactas, Física y Naturales, Buenos Aires* 38(1986):81-109.
- Limarino, C.O., R. R. Andreis, P. R. Gutiérrez & E. G. Ottone. 1996. Cuenca Paganzo. En: S. Archangelsky (ed.), *El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay*, pp. 115-140, Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
- Novik, E. 1947. Classification of Carboniferous pteridosperms. *Dokl. A.N.S.S.S.R.* 58(2):277-279. En ruso.
- Ottone, E. G. & C. L. Azcuy. 1986. El perfil de la quebrada La Delfina, Provincia de San Juan. *Asociación Geológica Argentina, Revista* 41:124-136.
- 1990. Datos palinológicos de la Formación Guandacol (Carbonífero) en la quebrada La Delfina, Provincia de San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 26(1989):191-208.
- Ottone, E. G. & G. García. 1991. Algunos elementos megaflorísticos de la Formación Santa Máxima, Paleozoico Superior, Argentina. *Ameghiniana* 27(1990):311-316.
- Sabattini, N., E. G. Ottone & C. L. Azcuy. 1991. La Zona de *Lissochonetes jachalensis-Streptorhynchus inaequioratus* (Carbonífero Tardío) en la localidad de La Delfina, provincia de San Juan. *Ameghiniana* 27(1990):75-81.
- Sessarego, H. H. & S. N. Césari. 1989. An Early Carboniferous flora from Argentina. Biostratigraphic implications. *Rev. Palaeob. Palynol.* 57:247-2674.
- Simanaukas, T., N. W. Archbold & G. A. Cisterna. 2003. El límite Carbonífero-Pérmico en Gondwana: nuevos datos para Australia y Argentina. 3° *Simp. Arg. del Paleoz. Sup.*-2° *Reunión del Proyecto IGCP* (La Plata), *Resúmenes*:49.
- Vega, J. C. 1995. *Rinconadia archangelskyi* gen. et sp. nov., a new fertile structure bearing sporangium-like bodies attached to bipinnate fronds from the Jejenes Formation (Carboniferous, San Juan Province, Argentina). *VI Cong. Arg. de Paleont. y Bioestrat.* (Trelew 1994), *Actas*: 291-299.
- Vergel, M.M. y G.A. Cisterna, 2001. La Formación Tupe en el sector occidental de la Cuenca Paganzo: Bioestratigrafía en base a su fauna de braquiópodos y contenido palinológico. 5° *Jorn. de Comunic. Cient., Fac. Cienc. Nat. e Inst. M. Lillo (UNT)*, p. 88. Tucumán.
- Vergel, M. M. & Z. R. Fasolo. 1999a. Palinología de la sección superior de la Formación Tupe (Paleozoico Superior) en la quebrada La Herradura, provincia de San Juan, Argentina. 1° *Simp. Arg. del Pal. Sup.* (Anillaco), *Resúmenes*:55-56.
- 1999b. Datos palinológicos en la Formación Tupe (Paleozoico Superior), quebrada La Herradura, San Juan, Argentina. *Ameghiniana-Resúmenes* 36(4-Suplemento): 37R-38R.
- Yoshida, R. 1970. Nôvo gênero de Conífera da Formação Estrada Nova, Norte do Estado de Santa Catarina. *Dep. Nac. Prod. Min.*, *Boletín* 259:1-17.

Recibido: 21-IV-2005
Aceptado:01-VII-2005