

## Registros palinológicos en la Formación Piedra Clavada (Albiano) en su área tipo, provincia de Santa Cruz, Argentina

Ana ARCHANGELSKY<sup>1</sup>, Sergio ARCHANGELSKY<sup>1</sup>, Daniel G. POIRÉ<sup>2</sup> & Néstor D. CANESSA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Museo Argentino de Cs. Ns 'B. Rivadavia', Av. A. Gallardo 470, Buenos Aires (C1405DJR).

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Geológicas, Conicet-Universidad Nacional de La Plata, calle 1 n° 644, La Plata (1900). E-mail: aarchangelsky@yahoo.com.ar, sarcang@fibertel.com.ar, poire@cig.museo.unlp.edu.ar

**Abstract: Palynological data on Piedra Clavada Formación (Albian) from its type area, Santa Cruz Province, Argentina.** Two sections from the type area where Piedra Clavada Formación is found yielded pollen assemblages in which 70 palynomorphs have been determined, including Bryophytes/Pteridophytes, Gymnosperms, Angiosperms and terrestrial plancton. Few and badly preserved marine dinoflagellates confirm the close influence of sea shore in a delta environment that dominate both sections. These assemblages are similar to those from La Horqueta locality where the basal section of Piedra Clavada Formación includes ammonites of Early Albian age. The two sections studied so far in the type area are composed of slightly younger deposits that are covered by the Late Cretaceous Mata Amarilla Formación. The similarity of assemblages suggests that they correspond to the same paleofloristic episode and could be united into one biozone in the near future. Comparisons with assemblages found in the Kachaike Formación, based on presently available data, also show similarities with Piedra Clavada palynological content, however with slight differences that point to its younger age (Early to mid Albian), as suggested by dinoflagellate studies. Comparisons with aptian units found in the same area (Río Mayer Formación) and in neighbouring basins (Baqueró Basin and Golfo San Jorge Basin) are briefly considered. Finally, the importance of primitive angiosperm sporomorphs is pondered in regard to their variety and biostratigraphic significance.

**Key words:** Palynology, Piedra Clavada Formación, Albian, Santa Cruz, Argentina.

**Resumen:** Se estudian dos perfiles de la Formación Piedra Clavada en su área tipo que han brindado asociaciones palinológicas en las que se determinaron 70 palinomorfos que incluyen Briófitas/Pteridófitas, Gimnospermas, Angiospermas y plancton continental. Algunos restos de dinoflagelados marinos confirman la influencia de un paleoambiente deltaico cercano a la costa que domina en ambas secciones estudiadas. Estas asociaciones son muy similares a las halladas en el perfil La Horqueta, cercano al lago Cardiel, localidad donde la sección basal de la Formación Piedra Clavada incluye amonites del Albiano temprano. Ambas secciones del área tipo se hallan cubiertas por depósitos algo más jóvenes que se refirieron a la Formación Mata Amarilla del Cretácico Tardío. La semejanza entre las dos asociaciones estudiadas sugiere que las mismas corresponden al mismo episodio paleoflorístico y que podrían representar una biozona a definir en el futuro. La comparación con asociaciones polínicas halladas en la Formación Kachaike, en la región del lago San Martín, de acuerdo a los datos disponibles hasta ahora, muestra también una similitud con el contenido palinológico de Piedra Clavada, aunque con leves diferencias que sugieren que la misma puede ser levemente más moderna (Albiano temprano a medio), a estar con los estudios de quistes de dinoflagelados marinos. Se efectúan comparaciones con los contenidos palinológicos de unidades aptianas conocidas en la región (Formación Río Mayer) y en cuencas vecinas (Baqueró y Golfo San Jorge). Finalmente, se pondera la importancia de los palinomorfos de angiospermas primitivas en relación con su variedad y su significación bioestratigráfica.

**Palabras Clave.** Palinología, Formación Piedra Clavada, Albiano, Santa Cruz, Argentina.

### INTRODUCCIÓN

En este trabajo se realiza un análisis sobre el contenido palinológico de la Formación Piedra Clavada de dos perfiles ubicados en el área tipo (perfil Tres Lagos, PTL, S 49° 36' 10,1" - O 71° 28' 13,6", y perfil Quebrada Don Nielsen, QDN, S 49° 31' 52,6" - O 7° 28' 32"), y que fueron realizados en las inmediaciones de la localidad Tres Lagos sobre la Ruta 40 (Fig. 1), en la provincia

de Santa Cruz. Esta unidad fue definida originalmente por Feruglio (en Fossa Mancini *et al.*, 1938) para el área de lago San Martín y Río Shehuen como "Estratos de Piedra Clavada". Con posterioridad Leanza (1970) le dio un *status* formal a esta unidad e incluyó en ella los "Estratos de Kachaike" que Feruglio (*op. cit.*) había definido para depósitos infrayacentes. La Formación Piedra Clavada se conoce también en la comarca del lago Cardiel, donde Ramos (1982) la dividió

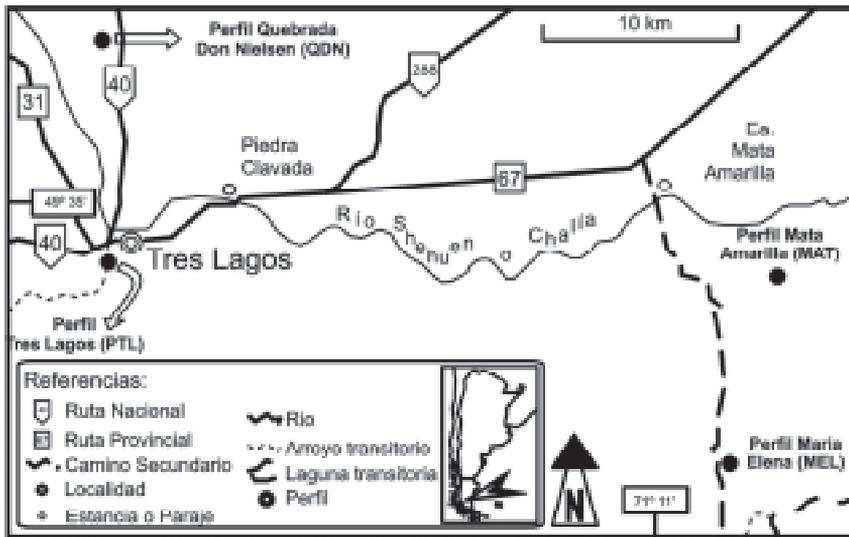


Fig. 1. Mapa de ubicación de los perfiles en las localidades Quebrada Don Nielsen (QDN) y Tres Lagos (PTL).

en dos subunidades, Miembro Cerro Pelado (el inferior) y Miembro Karken (el superior), criterio reafirmado por Arbe (1989) en estudios regionales de la Cuenca Austral. Precisamente de esta comarca se realizó un estudio palinológico del Perfil La Horqueta, sobre el río Cardiel, el cual abarca los términos superiores de la Formación Río Mayer y la parte inferior de la Formación Piedra Clavada (Medina *et al.*, 2008). En dicho perfil, la presencia de amonites ha permitido la datación de la base de la Formación Piedra Clavada en el Albiano temprano, tal como lo señalaran Riccardi *et al.* (1987). Cabe destacar que esta formación se encuentra distribuida desde el lago Cardiel -al norte- hasta el Cerro Índice -al sur-. Hacia el oeste, los afloramientos desaparecen abruptamente (Nullo *et al.*, 1981), mientras que en subsuelo se extienden hacia la Patagonia Extrandina, en la región de Laguna Grande (Russo & Flores, 1972; Russo *et al.*, 1980), pasando lateralmente a la Formación Palermo Aike.

En el área tipo, la Formación Piedra Clavada se halla cubierta de manera paraconcordante por la Formación Mata Amarilla de edad cretácica tardía (Fig. 2). En diversas perforaciones de la zona del Anticlinal de Piedra Clavada realizadas por las empresas Compañía Ultramar y Yacimientos Petrolíferos Fiscales, se han detectado hasta 258 m de sedimentitas de la Formación Piedra Clavada por debajo de la sección aflorante (Caballero, 1975). En la comarca del lago Cardiel, la Formación Piedra Clavada se dispone transicionalmente sobre la Formación Río Mayer, mediando entre ambas un breve hiato cronológico

(Medina *et al.*, 2008). Estos perfiles serían complementarios y marcarían los términos basales (perfil La Horqueta), y cuspidales (perfiles Tres Lagos y Quebrada Don Nielsen) de esta unidad formacional.

La Formación Piedra Clavada está conformada por areniscas amarillentas, pelitas gris oscuras, facies heterolíticas y escasos conglomerados y coquinas. Sus facies sedimentarias se discriminaron principalmente en silicoclásticas, acompañadas de arenosas bioclásticas y carbonáticas. En cuanto a su icnología, esta unidad ha suministrado un gran número y diversidad de trazas fósiles, tanto de bioturbación como de bioerosión (Poiré *et al.*, 2002). Las asociaciones icnológicas observadas a lo largo de los perfiles, permitieron distinguir las icnofacies de *Trypanites*, *Glossifungites*, *Psilonichnus*, *Skolithos* y *Cruziana* (Poiré *et al.*, 2001, 2002). Las mismas sugieren la presencia de sustratos de diferente consistencia en esta unidad: blandos (icnofacies de *Psilonichnus*, *Skolithos* y *Cruziana*), firmes (*Glossifungites*) y duros (*Trypanites*).

La presencia de fósiles en esta unidad ha sido citada por numerosos autores (*cf.* Leanza, 1970; Riccardi & Roller, 1980; Ramos, 1982). Los hallazgos en el área de Tres Lagos (Poiré *et al.*, 2002) se corresponden con invertebrados, vertebrados y restos vegetales, que se localizan principalmente en los niveles psamíticos y carbonáticos, aunque algunos bivalvos y briznas vegetales se distribuyen en facies pelíticas.

En general, resulta muy claro que las trazas fósiles y los invertebrados son esencialmente

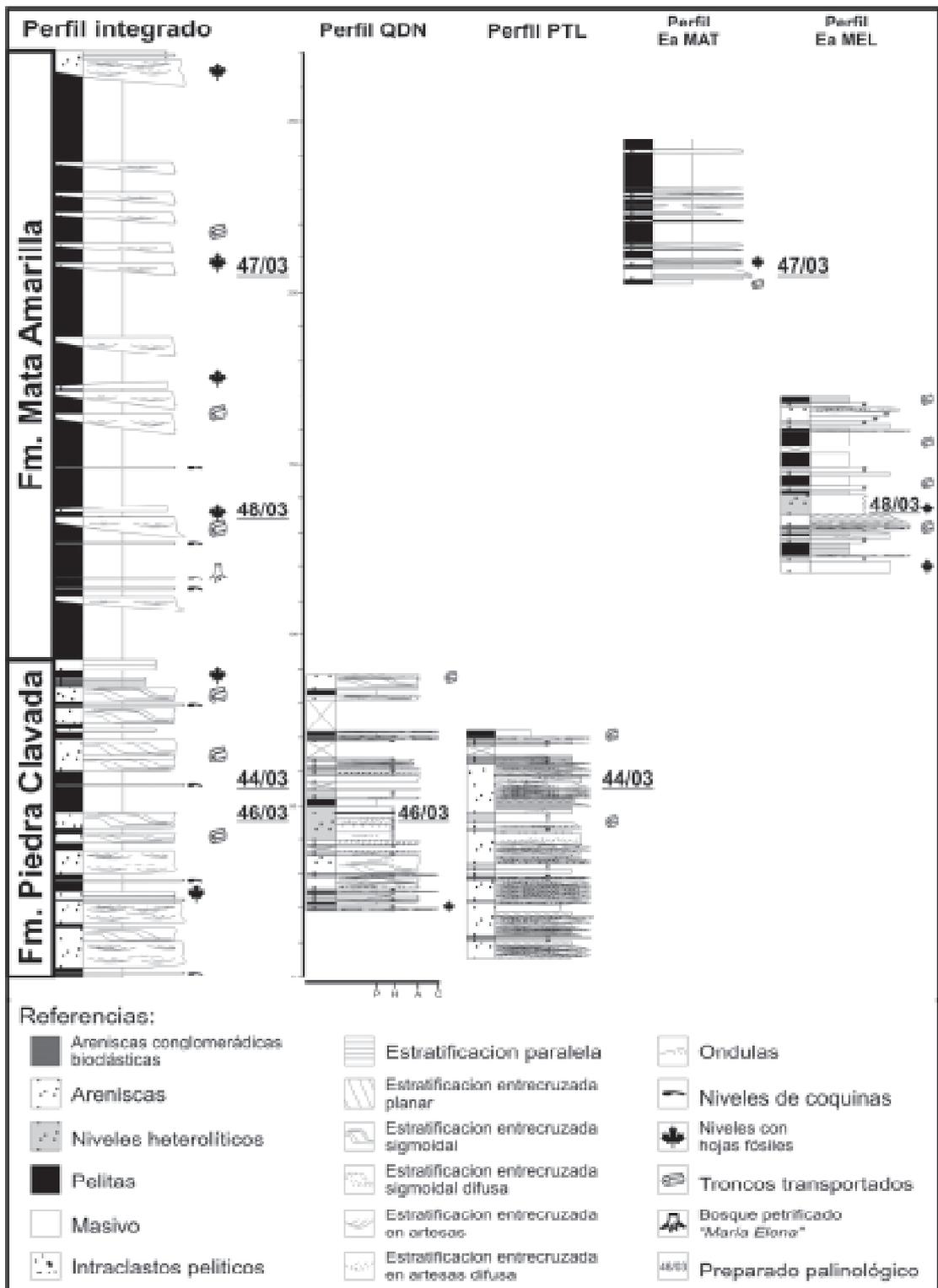


Fig. 2. Perfil integrado del sector superior de la Formación Piedra Clavada y de los perfiles QDN (46/03) y PTL (44/03), con la ubicación de los niveles palinológicos.

marinos, lo cual sugiere en conjunto con sus facies sedimentarias, una zona deltaica sumergida en facies de prodelta, frente deltaico, bahías interdistributarias y canales interdistributarios, y facies de shoreface-playa (Poiré *et al.*, 2002). La participación de niveles de briznas vegetales en facies pelíticas de prodelta, de hojas bien preservadas en facies heterolíticas superiores y troncos dispersos en areniscas, es el resultado del transporte de estos elementos plantíferos desde áreas continentales y litorales.

En general, diversos estudios de subsuelo han determinado la progradación de lóbulos deltaicos desde el norte hacia el sur (Turic *et al.*, 1987; Marinelli, 1998). Sin embargo, en el área de Tres Lagos las paleocorrientes y la migración de facies sedimentarias indican una progradación hacia el occidente (Poiré *et al.*, 2002). Esto también ha sido corroborado en líneas sísmicas cercanas a Río Turbio (E. Sánchez & F. Oyarzabal, com. per.), por lo cual habrían existido distintos sistemas deltaicos que habrían progradado en variadas direcciones, de acuerdo a su ubicación en la Cuenca Austral.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Los perfiles realizados son los de la Quebrada Don Nielsen y Tres Lagos (Fig. 2). El detalle de las facies sedimentarias y paleoambientes fueron presentados por Poiré *et al.* (2002) y su contenido icnológico fue estudiado por Poiré *et al.* (2001).

Las muestras fueron procesadas siguiendo las técnicas usuales de eliminación de carbonatos con HCl y de silicatos con HF. El residuo fue filtrado por mallas de 10 µm, 25 µm y 200 µm y montado en glicerina-gelatina siguiendo la técnica de Gamero & Cárdenas (1980).

Los palinomorfos fueron estudiados con los microscopios Zeiss Axioscop 2 y Leitz Diaplan. Las fotomicrografías fueron realizadas con las cámaras digitales Coolpix 995 y Leica 280, respectivamente. Las observaciones con el Microscopio Electrónico de Barrido se realizaron con un equipo Philips XL30 del MACN.

Los preparados microscópicos se hallan depositados en la colección palinológica del Museo de Cs. Ns. 'B.Rivadavia' con las siglas BA Pal. Los tacos del MEB se hallan depositados en la colección paleobotánica del mismo Museo, con las siglas BA Pb MEB. Las coordenadas de los ejemplares ilustrados, corresponden al microscopio Zeiss Axioscop 2.

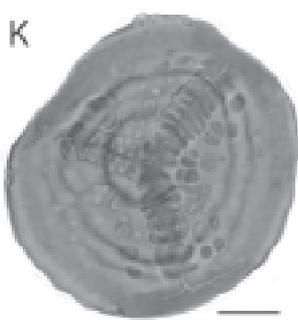
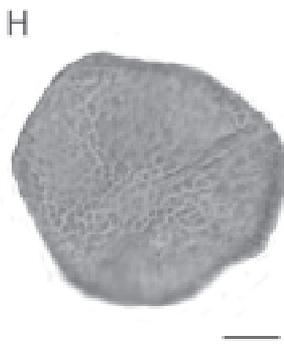
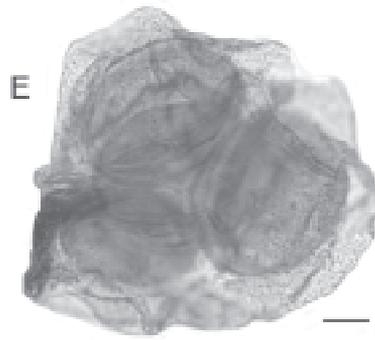
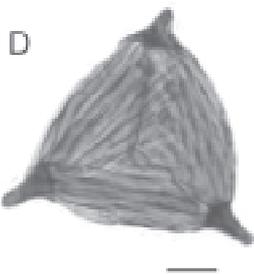
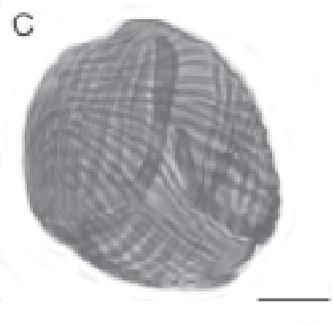
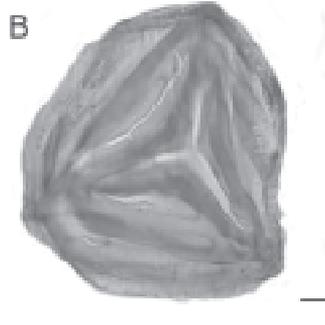
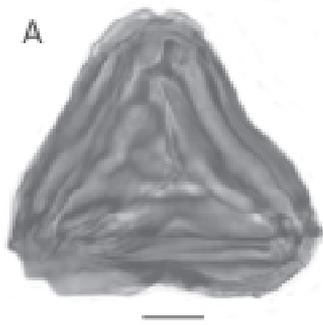
#### CONTENIDO PALINOLÓGICO

Ocho niveles del perfil integrado de la Formación Piedra Clavada fueron procesados para palinología: solamente dos resultaron fértiles, el 44/03 y el 46/03 (Fig. 2). Los palinomorfos en el nivel inferior son todos de origen exclusivamente continental, mientras que en el nivel superior se hallaron, además de los palinomorfos terrestres, escasos (1-2%) elementos de plancton marino (quistes de dinoflagelados de pared orgánica) que sugieren una mezcla típica de ambientes litorales mixtos, lo cual reafirma la interpretación de ambientes de delta como se expresó en párrafos anteriores. La lista completa de los elementos determinados en ambos niveles se da en la lista adjunta, en la cual el nivel inferior está representado con el número (1), y el superior con el (2).

#### Briófitas

- Aequitriradites cf. A. superspinulosus* Archangelsky & Archangelsky 2005 (2) (Fig. 4.B)
- Asterisporites chlonovae* (Döring) Venkatachala & Rawat 1971 (1) (Fig. 4.C)
- Cingutriteles sp.* (1)
- Couperisporites lilianae* Archangelsky & Archangelsky 2005 (1)
- Foraminisporis asymmetricus* (Cookson & Dettmann) Dettmann 1963 (1)
- F. dailyi* (Cookson & Dettmann) Dettmann 1963 (1)
- F. wonthaggiensis* (Cookson & Dettmann) Dettmann 1963 (1) (2) (Fig. 3.H)
- Murospora sp.* (1)

Fig. 3. **A**, *Ruffordiaspora ticoensis* (Archangelsky & Gamero) *nov. comb.* (BA Pb Pal 6052, coord. 92/6.6); **B**, *Cicatricosisporites sp.* (BA Pb Pal 6061, coord. 105.5/5.9); **C**, *Cicatricosisporites cuneiformis* Pocock (BA Pb Pal 6050, coord. 97.1/3.2); **D**, *Appendicisporites sp.* (BA Pb Pal 6061, coord. 105.5/5.9); **E**, *Crybelosporites stylosus* Dettmann (BA Pb Pal 6052, coord. 91/14.9); **F**, *C. cf. C. berberioides* Burger (BA Pb Pal 6061, coord. 98.7/15.1); **G**, *Densoisporites corrugatus* Archangelsky & Gamero (BA Pb Pal 6061, coord. 108.4/4.8); **H**, *Foraminisporis wonthaggiensis* (Cookson & Dettmann) Dettmann (BA Pb Pal 6061, coord. 104.5/15.8); **I**, *Triporeletes reticulatus* (Pocock) Playford (BA Pb Pal 6052, coord. 98.1/8.2); **J**, *Taurocusporites sp.* (BA Pb Pal 6052, coord. 106/4.2); **K**, *T. segmentatus* Stover (BA Pb Pal 6052, coord. 105.5/4.1); **L**, *Interulobites triangularis* (Brenner) Paden Phillips & Felix (BA Pb Pal 6052, coord. 112.1/12.7). Barra = 10 µm



- Staplinisporites caminus* (Balme) Pocock 1962 (1) (2)  
*Taurocusporites segmentatus* Stover 1962 (1) (Figs. 3.K, 6.D-G)  
*T. sp.* (1) (Figs. 3.J, 6.E-H)  
*Triporoletes reticulatus* (Pocock) Playford 1971 (1) (2) (Fig. 3.I)
- Lycófitas**  
*Ceratospirites equalis* Cookson & Dettmann 1958 (1)  
*Densoisporites corrugatus* Archangelsky & Gamarro 1965 (1) (2) (Fig. 3.G)  
*Interulobites triangularis* (Brenner) Paden Phillips & Felix (1971) (1) (2) (Fig. 3.L)  
*I. sp.* (1)  
*Retitriletes cf. R. austroclavatidites* (Cookson) Döring, Mai, Kruzsch & Schulz 1963 (1)  
*R. baqueroense* Archangelsky & Villar de Seoane 1998 (1) (2)  
*R. sp.* (1)
- Filicófitas**  
*Appendicisporites spp.* (1) (Fig. 3.D)  
*Baculatisporites sp.* (1)  
*Cicatricosisporites cuneiformis* Pocock (1) (Fig. 3.C)  
*C. hughesii* Dettmann 1963 (1)  
*C. cf. C. venustus* Deák 1963 (1) (2)  
*C. sp.* (1) (2) (Fig. 3.B)  
*Crybelosporites cf. C. berberoides* Burger 1976 (2) (Fig. 3.F)  
*C. stylosus* Dettmann 1963 (1) (2) (Fig. 3.E)  
*Dictyophyllidites sp.* (1)  
*Gleicheniidites sp.* (1)  
*Matonisporites sp.* (1) (Fig. 6.A)  
*Ruffordiaspora australiensis* (Cookson) Dettmann & Clifford (1)  
*R. ticoensis* (Archangelsky & Gamarro 1966) *nov. comb.* (1) (Figs. 3.A, 6.B)  
*R. sp. A* (1)
- Gimnospermas**  
*Balmeiopsis limbatus* (Balme) Archangelsky 1977 (1) (2)  
*Callialasporites trilobatus f. dampieri* Baldoni & Archangelsky 1983 (1) (2)  
*C. trilobatus f. trilobatus* Baldoni & Archangelsky 1983 (1) (2)  
*Classopollis sp.* (1) (2) (Fig. 6.J)  
*C. sp.* (1) (2)  
‘*Circulina*’ *sp.* (1) (2)  
*Cyclusphaera radiata* Archangelsky *et al.* 1983 (1) (2) (Figs. 4.E, 6.K)  
*Ephedripites spp.* (1) (2) (Fig. 4.D)  
*Gamerroites volkheimeri* Archangelsky 1988 (1) (2)
- Microcachrydites sp.* (1) (2)  
*Podocarpidites cf. P. ellipticus* Cookson 1947 (1)  
*P. sp.* (1)
- Otras esporas**  
*Antulsporites sp. A* (1) (Fig. 6.I)  
*Leptolepidites verrucatus* Couper 1953 (1) (2) (Figs. 4.A, 6.C)  
*L. major* Couper 1953 (1) (2) (Fig. 6.F)  
*Neoraistrickia sp.* (1) (2)  
*Trilites sp.* (1)  
*Biretisporites sp.* (2)  
Esporas de hongo (1) (Fig. 4.F)
- Microplancton (marino)**  
Dinoquistes (2)
- Microplancton (de agua dulce)**  
*Botryococcus sp.* (1)  
*Pediastrum sp.* (1)  
*Schizosporis sp.* (1)
- Angiospermas**  
*Afropollis sp.* (1) (Fig. 5.H)  
*Asteropollis sp.*  
*Clavatipollenites spp.* (1) (2) (Figs. 5.K-L)  
*Echimonocolpites sp.*  
*Fraxinoipollenites cf. F. fragilis* Burger 1993 (1) (Fig. 5.C)  
*Liliacidites sp.* (1) (Fig. 5.A)  
*Pennipollis peroreticulatus* (Brenner) Friis, Pedersen & Crane 2000 (1) (Figs. D-E)  
*Retimonocolpites sp.* (1) (Fig. 6.L)  
*Rousea sp.* (1) (Fig. 5.G)  
*Schrankipollis cf. S. kachaikensis* Barreda & Archangelsky 2006 (1) (Fig. 5.J)  
*S. sp.* (1) (2) (Fig. 5.F)  
*Tricolpites sp.* (1) (Fig. 5.I)  
*Tricolporoidites sp.* (1) (Fig. 5.B)  
*Walkeripollis sp.*
- En total, se han determinado 70 taxones de esporas, granos de polen y elementos planctónicos de origen continental. En principio, se puede observar que hay poca diferencia composicional entre los dos niveles, y por ello ambos se integran aquí en una misma asociación palinológica. Hay que destacar el marcado predominio en el número de taxones definidos para el nivel inferior. Son escasos (solamente 3) los que se hallan presentes con exclusividad en el nivel superior, mientras que es bastante mayor el número de especies exclusivas para el nivel inferior (39). Esta diferencia se debe esencialmente a la mejor preservación de los palinomorfos en el nivel inferior.

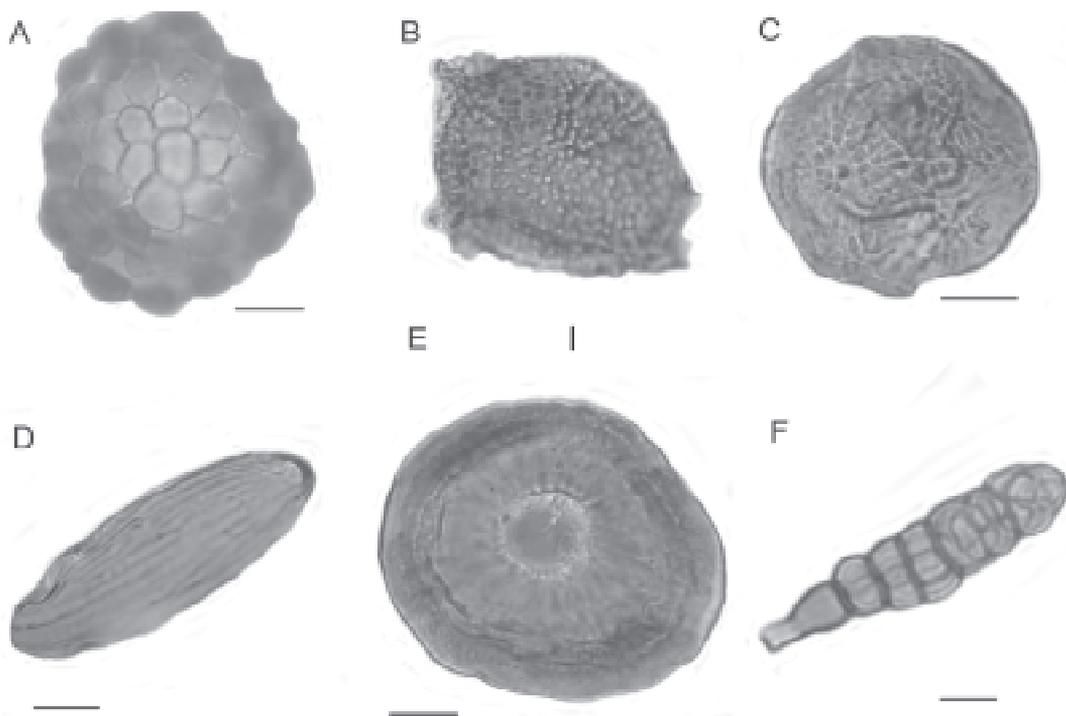


Fig. 4. **A**, *Leptolepidites verrucatus* Couper (BA Pb Pal 6052, coord. 110.7/8.9); **B**, *Aequitriradites* cf. *A. superspinulosus* Archangelsky & Archangelsky (BA Pb Pal 6061, coord. 100.3/9.3); **C**, *Asterisporites chlonovae* (Döring) Venkatachala & Rawat (BA Pb Pal 6051, coord. 94.1/20); **D**, *Ephedripites* sp. (BA Pb Pal 6050, coord. 89.6/4.7); **E**, *Cyclusphaera radiata* Archangelsky (BA Pb Pal 6052, coord. 112.8/8); **F**, espora de hongo (BA Pb Pal 6050, coord. 97.4/6.1). Barra = 10  $\mu$ m.

Los palinomorfos más frecuentes corresponden a briófitas (*Taurocusporites*), licófitas (*Retitriletes*), helechos (*Cicatricosisporites*), y principalmente algunas gimnospermas pertenecientes a las coníferas (*Classopollis*, '*Circulina*' y *Cyclusphaera*). El número de especies que señalan condiciones de alta humedad ambiental es elevado (21, sin tomar en cuenta el polen de las angiospermas), repartido entre briófitas (11), licófitas (7), y helechos heterosporados (3), además de 3 especies (todas del nivel inferior) que corresponden a formas planctónicas que habitaban cuerpos de agua dulce. Cabe señalar que también se hallaron elementos xerofíticos, correspondientes a 5 formas de efedrales (*Ephedripites*), grupo que en tafofloras coetáneas ubicadas más hacia el norte (San Luis, Uruguay, y especialmente Brasil) presentaban una variedad y abundancia sensiblemente mayor.

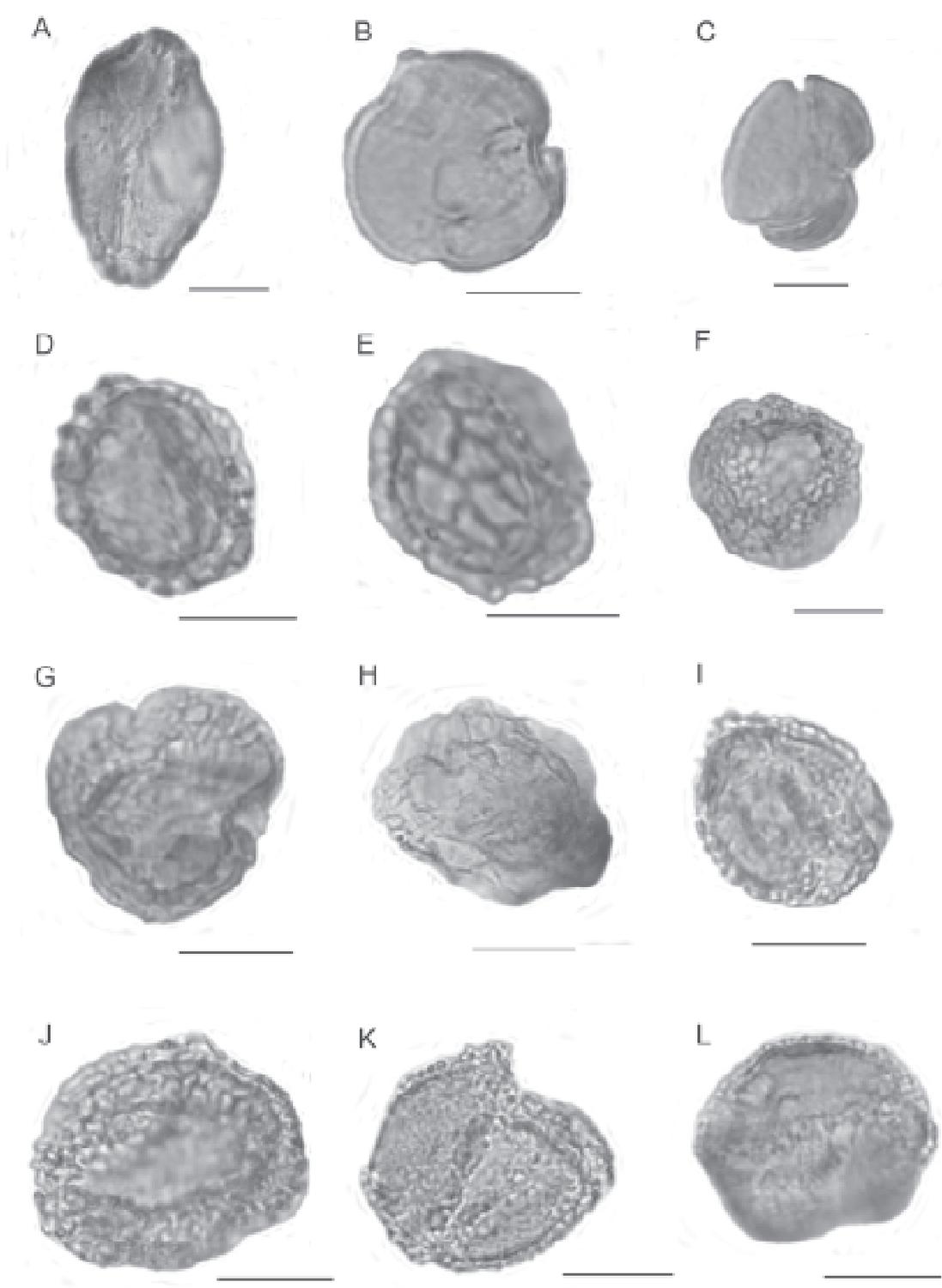
La presencia de distintas especies de angiospermas sugiere cierto grado de variedad del grupo, si bien tienen aún escasa representación numérica. Con todo, su presencia es significativa pues demuestra que nos hallamos en una eta-

pa temprana en la evolución del grupo, hecho que tiene también importancia por las implicaciones cronológicas y bioestratigráficas que conllevan. Algunas formas halladas (*Schrankipollis* p.ej.) pueden haber vivido en ambientes acuáticos o marginales a ellos, en coincidencia con las numerosas especies de esporas halladas que sugieren esas condiciones de hábitat.

#### Comparaciones con otras asociaciones

El conjunto de las dos asociaciones palinológicas presenta similitud con otras halladas en el ámbito de la Cuenca Austral.

La primera asociación palinológica adjudicada a esta misma unidad formacional fue definida para el perfil de la localidad La Horqueta situado en la comarca del lago Cardiel (Medina et al., 2008). Dicho perfil presenta en su base los términos más modernos de la Formación Río Mayer que fue adjudicado al Aptiano tardío sobre la base de elementos marinos (amonites y dinoquistes). La cubren depósitos referidos a la base de la Formación Piedra Clavada, también marina pero de facies más someras, con abun-



dantes palinomorfos de origen continental (Medina et al., 2008).

Muchas especies son comunes a ambas asociaciones (La Horqueta y las aquí presentadas), y entre las principales citaremos las siguientes: *Foraminisporis wonthaggiensis*, *F. asymmetricus*, *Taurocusporites segmentatus*, *T. sp. A*, *Densoisporites corrugatus*, *Cicatricosisporites cuneiformis*, *C. hughesii*, *Balmeiospsis limbatus*, *Cyclusphaera radiata*, *Gamerroites volkheimeri*, *Antulsporites sp. A*, y además casi todas las angiospermas, *Afropollis sp.*, *Echimonocolpites sp.*, *Clavatipollenites spp.*, *Asteropollis sp.*, cf. *Walkeripollis*, *Liliacidites sp.*, *Retimonocolpites sp.* y polen tricolpado (3C) y tricolporoide (3CP). Sin embargo, pueden citarse las siguientes diferencias: hay especies presentes en La Horqueta que faltan en los perfiles del área Piedra Clavada: *Cyatheacidites tectifera* Archangelsky & Gamarro, *Cyclusphaera psilata* Volkheimer & Sepúlveda, *C. crassa* Archangelsky, *C. sp. A*, *Concavissimisporites spp.*, *Callialasporites sp. A*, *Muricingulisporis annulatus* Archangelsky & Gamarro, *Pilunsporites rugulatus* Archangelsky & Archangelsky, *Sotasporites spp.* y *Trilobosporites spp.* Por el contrario, hay especies presentes en la localidad tipo de la Formación Piedra Clavada que faltan en La Horqueta: *Couperisporites liliana*, *Retitriletes baqueroense*, *Cicatricosisporites cf. venustus* Déak, *Ruffordiaspora ticoensis* (Archangelsky & Gamarro) Archangelsky & Archangelsky nov. comb., *Pennipollis peroreticulatus*, *Schrankipollis cf. kachaikensis* Barreda & Archangelsky, *Rousea sp.* y *Fraxi-nipollenites cf. fragilis*. De todas maneras, la semejanza entre ambas asociaciones es manifiesta, especialmente en el contenido de angiospermas. Esta variedad de angiospermas es superior a la registrada en La Horqueta, con lo cual se puede sospechar, por ahora, que es algo más joven. Como la edad de la asociación polínica en la Formación Piedra Clavada del perfil La Horqueta fue establecida en el Albiano temprano, la asociación de la misma formación en el perfil compuesto de Piedra Clavada puede ser algo más joven y ser ubicada en el Albiano medio (o eventualmente en el Albiano tardío bajo), con

lo cual este tramo 50-60 m de afloramiento podría corresponder a la parte superior de la secuencia formacional de Piedra Clavada cuyo espesor reconocido en subsuelo llega a más de 200 m (Caballero, 1975). En esta localidad, por encima se dispone la Formación Mata Amarilla que sería sensiblemente más joven (Cretácico Superior).

Es probable que ambas asociaciones puedan integrarse en una palinozona de edad albiana la cual posiblemente tenga relación con la biozona M3 establecida sobre la base de megásporas para esta misma formación, en el sector norte del lago Cardiel (Cerro Bayo) (Villar de Seoane & Archangelsky, 2008), cuya microflora está en estudio y por el momento parecería confirmar estos resultados.

La Formación Kachaike, que aflora en la misma región santacruceña, más cercana al lago San Martín, también tiene un contenido palinológico semejante en muchos aspectos al de la Formación Piedra Clavada. Datos palinológicos han sido aportados para tres perfiles, uno en el área tipo de la Ea. Kachaike, perfil Caballo Muerto (Rebasa, 1982; Gamarro, 1982; Baldoni, 1987; Baldoni & Batten, 1991; Baldoni et al. 2001; Archangelsky & Llorens, 2003, 2005; Villar de Seoane & Archangelsky, 2008). Otro, en el perfil Bajo de la Comisión (Guler & Archangelsky, 2003, 2006; Barreda & Archangelsky, 2006; Villar de Seoane & Archangelsky, 2008) y el tercero en la Ea. La Federica (Villar de Seoane & Archangelsky, 2008). La edad de la Formación Kachaike, de acuerdo a los diferentes perfiles analizados por Aguirre-Urreta (2002) del área del lago San Martín indicaría una edad que varía entre el Aptiano tardío al Albiano. Estudios de dinoquistes para la sección inferior del perfil Bajo de la Comisión, sugieren una edad albiana temprana (Guler & Archangelsky, 2006), perteneciente a la Zona de Intervalo *Muderongia tetracantha* de Helby et al. (1987). La parte superior del mismo perfil (Bajo de la Comisión) ha brindado polen de angiospermas que sugieren una edad albiana tardía (quizás hasta cenomaniana temprana) (Barreda & Archangelsky, 2006). Todo este conjunto correspondería a la zona M3 de megásporas (Villar de Seoane & Archangelsky, 2008) y confirmaría que

Fig. 5. Polen de Angiospermas (todos BA Pb Pal 6051). **A**, *Liliacidites sp.* (coord. 95.6/4.9); **B**, *Tricolporoidites sp.* (coord. 95/9.2); **C**, *Fraxinoipollenites cf. F. fragilis* Burger (coord. 95.6/13.6); **D-E**, *Pennipollis peroreticulatus* (Brenner) Friis, Pedersen & Crane, (focos distal y proximal, respectivamente; coord. 96.6/16.8); **F**, *Schrankipollis (?) sp.* (coord. 104/18.8); **G**, *Rousea sp.* (coord. 109.7/15.7); **H**, *Afropollis sp.* (coord. 106.5/12.3); **I**, *Tricolpites sp.* (coord. 85.3/20.8); **J**, *Schrankipollis cf. S. kachaikensis* Barreda & Archangelsky (coord. 93.9/12.9); **K-L**, *Clavatipollenites spp.* (coords. 109.7/4.6 y 94.1/3.9) Barra = 10µm.

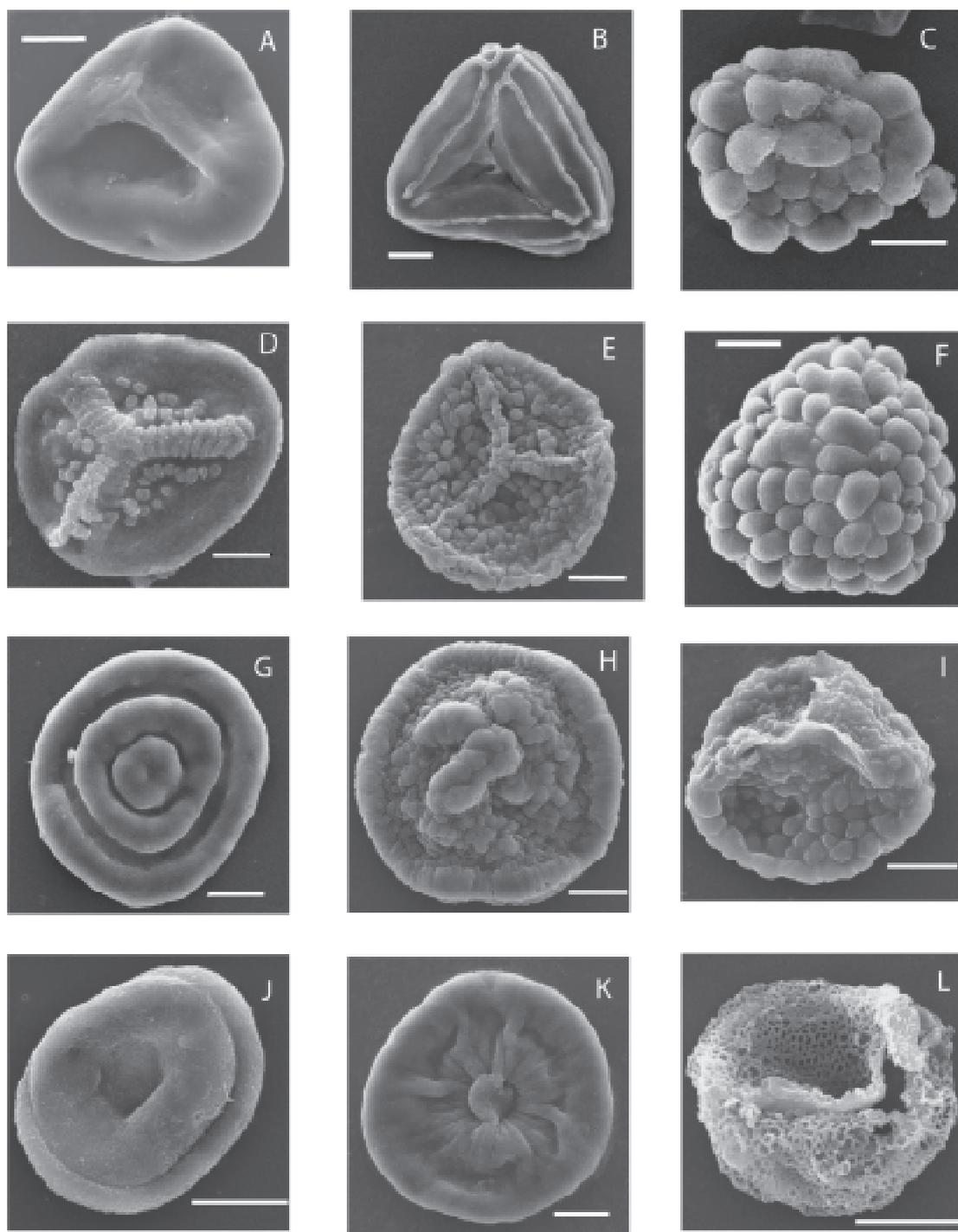


Fig. 6. **A**, *Matonisporites* sp. (BA PB MEB 276); **B**, *Ruffordiaspora ticoensis* (Archangelsky & Gamarro) *nov. comb.* (BA Pb MEB 281); **C**, *Leptolepidites verrucatus* Couper (BA Pb MEB 277); **D**, **G**, *Taurocusporites segmentatus* Stover, vistas proximal y distal, respectivamente (BA Pb MEB 276 y 281); **E**-**H**, *T. sp.* vistas proximal y distal, respectivamente (BA Pb MEB 276); **F**, *Leptolepidites major* Couper (BA Pb MEB 281); **I**, *Antulsporites* sp.A (BA Pb MEB 280); **J**, *Classopollis* sp. (BA Pb MEB 280); **K**, *Cyclusphaera radiata* Archangelsky (BA Pb MEB 276); **L**, *Retimonocolpites* sp. (BA Pb MEB 280) Barra = 10 $\mu$ m.

la misma abarca el Albiano prácticamente en su totalidad, al integrar la información de todas las secciones estudiadas. Si bien faltan estudios descriptivos de más taxones (actualmente en desarrollo), es evidente que la semejanza composicional señalada entre las asociaciones palinológicas recuperadas en distintas localidades donde afloran las formaciones Piedra Clavada y Kachaike es notoria.

Los datos palinológicos de la Formación Río Mayer de los perfiles Río de los Fósiles y La Horqueta (Pöthe de Baldi & Ramos, 1980, 1983, 1988; Medina et al., 2008) han reportado varios palinomorfos continentales semejantes a la asociación de la Formación Piedra Clavada, lo cual sugiere una proximidad cronológica. Por su contenido amonitifero, la edad es considerada aptiana (Medina et al., 2008) y por su posición estratigráfica, infraestante a las capas de Piedra Clavada en La Horqueta, puede confirmarse que es directamente transicional. Por eso posee especies comunes, como *Asteropollis* sp., *Cicatricosisporites cuneiformis*, *Sotaspores elegans*, *Cyclusphaera*, *psilata*, *C. radiata*, *C. crassa*, *Trilobosporites apiverrucatus*, *Crybelosporites* cf. *punctatus*, *Callialasporites* sp. A., entre otras.

La Formación Anfiteatro de Ticó, del Grupo Baqueró, posee una variada palinoflora datada isotópicamente en el Aptiano Temprano alto a Tardío bajo (Archangelsky et al., 2003). Aunque posee numerosos taxones de briófitas y pteridófitas comunes con los de Río Mayer superior y Piedra Clavada, difiere por la ausencia de las angiospermas citadas para las formaciones Kachaike y Piedra Clavada (salvo el género *Clavatipollenites*), y de algunas gimnospermas, tales como *Cyclusphaera crassa*, *C. sp. A* y *Callialasporites* sp. A, mientras que presenta varias especies de *Podocarpidites*: *P. futa*, *P. auriculatus* y *P. parviauriculatus* (Archangelsky & Villar de Seoane, 2005), no registradas en aquellas. La palinoflora de la Formación Punta del Barco (parte alta del Grupo Baqueró), (Llorens, 2003, 2005, 2008 a,b), es levemente distinta por una mayor variedad de angiospermas (tiene varias especies de *Clavatipollenites*, además del género *Asteropollis*, ausente en la Formación Anfiteatro de Ticó). En tal sentido, puede acercarse más a la palinoflora aptiana tardía hallada en el perfil La Horqueta (Medina et al., 2008).

Finalmente es interesante la comparación con algunas perforaciones de la Cuenca Golfo San Jorge, especialmente en su parte sudoccidental. La palinozona *Antulsporites-Clavatipollenites*, datada en el Aptiano, presenta numerosas especies comunes con la asociación aquí estudiada (*Cyclusphaera crassa*, *Asteropollis asteroides*, *Clavatipollenites*

sp., *Antulsporites* sp., entre otras), aunque no se han hallado granos de polen tricolpados y tricolporoides (Archangelsky et al., 1984). Una revisión actualizada de estos materiales, puede ser muy útil para afinar el grado de similitud entre estas asociaciones, habida cuenta de la sensible mejoría del instrumental óptico y electrónico de observación que poseemos en la actualidad.

## CONCLUSIONES

Un estudio de dos perfiles realizados en el área tipo de la Formación Piedra Clavada ha permitido reconocer la presencia de nuevos elementos palinológicos que se adicionan a los reportados para el perfil de esta unidad formacional en la localidad La Horqueta, ubicada en la comarca del lago Cardiel. Las muestras pertenecen a facies sedimentarias finas, interpretadas como el producto de decantación de detritos en suspensión, en el marco de un paleoambiente mixto deltaico. En esencia las asociaciones polínicas de ambos perfiles guardan semejanza entre sí y pueden corresponder a una misma etapa paleoflorística. También son semejantes a las asociaciones de la Formación Piedra Clavada en la localidad La Horqueta (comarca del lago Cardiel), aunque se registran algunas diferencias menores en cuanto a presencia/ausencia de ciertos taxones. Es probable que las asociaciones estudiadas hasta ahora en esta unidad litoestratigráfica correspondan a una palinozona que abarcaría el Albiano temprano hasta quizás tocar la base del Albiano tardío.

También la asociación polínica albiana reconocida para la cercana Formación Kachaike guarda semejanza con la aquí descrita. Su estudio, aún en desarrollo, determinará la eventual pertenencia a la misma biozona, tal como fuese sugerido por las megásporas halladas en ambas unidades. En cambio, las diferencias con asociaciones polínicas aptianas, halladas en la Formación Río Mayer y en el Grupo Baqueró, ubicadas en la misma provincia, son más evidentes aunque hay un importante contenido de elementos comunes que se justifica por su edad aptiana temprana/tardía, y que correspondería a una etapa florística inmediatamente anterior, o sea a una biozona previa. Esta diferencia también ha sido registrada por las megásporas aptianas de la Formación Anfiteatro de Ticó, unidad basal del Grupo Baqueró.

Los datos palinológicos disponibles hasta ahora para la Cuenca Austral y la Cuenca Baqueró, abren la posibilidad de realizar comparaciones y eventuales correlaciones con palinofloras de la Cuenca Golfo San Jorge, habida cuenta de la

existencia de numerosos taxones comunes, aunque para ello se requieren estudios adicionales sobre la presencia y variedad de polen de angiospermas primitivas.

Por otra parte, vuelve a confirmarse la importancia bioestratigráfica que tienen las angiospermas primitivas, a pesar de su escasez numérica. En el lapso crucial Aptiano/Albiano se produce una paulatina diversificación, la cual se ve reflejada en caracteres aperturales y esculturales de la exina, y ello permite registrar un gradual incremento de complejidad a lo largo de la sucesión cronológica bastante acotada.

Con estos estudios palinológicos, unidos a las investigaciones de megafósiles vegetales, se está ampliando el panorama de nuestros conocimientos sobre paleofloras mesocretácicas patagónicas, las que evidencian, cada vez más, una riqueza composicional importante para el desarrollo ulterior de trabajos taxonómicos y bioestratigráficos regionales.

#### AGRADECIMIENTOS

O. Cárdenas y F. Tricárico merecen nuestro agradecimiento por los trabajos de preparación del material polínico y su asistencia con el Microscopio Electrónico de Barrido, respectivamente. La presente, es una contribución a los PIP 5093 y 6237 del CONICET, al PICT 32320 de la ANPCyT y al Proyecto 11N/507 de la UNLP.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Urreta, M.B. 2002. Invertebrados del Cretácico Inferior. En: M.J. Haller (ed.), *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz*. Relatorio del XV Congreso Geológico Argentino, pp. 439-459.
- Arbe, H.A. 1989. Estratigrafía, discontinuidades y evolución sedimentaria del Cretácico en la Cuenca Austral, provincia de Santa Cruz. En: G. Chebli & L.A. Spalletti (eds.), *Cuencas Sedimentarias Argentinas*. Instituto Superior de Correlación Geológica, Universidad Nacional de Tucumán, Serie de Correlación Geológica 6: 419-442.
- Archangelsky, A. & M. Llorens. 2003. Palinología de la Formación Kachaiké, Cretácico Inferior de la Cuenca Austral, provincia de Santa Cruz. I. Esporas lisas y cinguladas. *Ameghiniana* 40: 71-80.
- 2005. Idem II. Esporas. *Ameghiniana* 42: 311-328.
- Archangelsky, S. 1977. *Balmeiopsis*, nuevo nombre genérico para el palinomorfo *Inaperturopollenites limbatus* Balme. *Ameghiniana* 14: 122-126
- 1988. *Gamerroites*, nuevo género de polen bisacado del Cretácico de Patagonia, Argentina. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología* 11: 1-6.
- Archangelsky, S. & A. Archangelsky. 2005. *Aequitriradites* Delcourt & Sprumont y *Couperisporites* Pocock, esporas de hepáticas, en el Cretácico Temprano de Patagonia, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n.s. 7: 119-138.
- Archangelsky, S. & J.C. Gamarro. 1965. Estudio palinológico de la Formación Baqueró (Cretácico), provincia de Santa Cruz. III. *Ameghiniana* 4: 229-236.
- 1966. Idem IV. *Ameghiniana* 4: 363-372.
- Archangelsky, S. & L. Villar de Seoane. 1998. Idem VIII. *Ameghiniana* 35: 7-19.
- 2005. Idem IX. Polen bisacado de Podocarpaceae. *Revista Española de Paleontología* 20: 37-56.
- Archangelsky, S., G. Del Fueyo & L. Villar de Seoane. 2003. Sistemática. En: S. Archangelsky (ed.), *La Flora Cretácica del Grupo Baqueró, Santa Cruz, Argentina*. Monografías de Museo Argentino de Ciencias Naturales 4, CD ROM, pp 33.
- Archangelsky, S., A. Baldoni, J.C. Gamarro & J. Seiler. 1983. Palinología estratigráfica del Cretácico de Argentina Austral. II. Descripciones sistemáticas. *Ameghiniana* 20: 199-226.
- 1984. Palinología estratigráfica del Cretácico de Argentina Austral. III. Distribución de especies y conclusiones. *Ameghiniana* 24: 15-33.
- Baldoni, A. 1987. Dos nuevas especies de megasporas de la Formación Kachaiké, Cretácico Inferior de la provincia de Santa Cruz, Argentina. *10º Congreso Brasileiro de Paleontologia (Rio de Janeiro)* Anais: 669-689.
- Baldoni, A. & S. Archangelsky. 1983. Palinología de la Formación Springhill (Cretácico Inferior), subsuelo de Argentina y Chile Austral. *Revista Española de Micropaleontología* 15: 47-101.
- Baldoni, A. & D.J. Batten. 1991. Megaspores from the Lower Cretaceous Kachaiké Formation, Santa Cruz Province, Argentina. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 182: 377-393.
- Baldoni, A., R.A. Askin & D. Ragona. 2001. Palynology of the Lower Cretaceous Kachaiké Formation, Santa Cruz Province, Argentina. En: D.K. Goodman & R.T. Clark (eds.), *Proceedings of the IX International Palynological Congress, AASP* pp. 191-200.
- Barreda, V. & S. Archangelsky. 2006. The southernmost record of tropical pollen grains in the Cretaceous of Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research* 27: 778-787.
- Burger, D. 1976. Some Early Cretaceous Plant Microfossils from Queensland. *Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Bulletin* 160: 1-21.
- 1993. Early and Middle Cretaceous angiosperm pollen grains from Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology* 78: 183-234.
- Caballero, J.O. 1975. *Informe geológico pozos YPF.SC.APC.x-4, YPF.SC.APC.x-5, Piedra Clavada, Departamento Lago San Martín, provincia de Santa Cruz*. Informe interno de YPF, Río Gallegos (inédito).
- Cookson, I.C. 1947 Plant microfossils from the lignites of the Kerguelen Archipelago. *British Australian, New Zealand Antarctic Research Expedition (1929-31)* Ser. A, 2: 129-142.
- Cookson I.C. & M.E. Dettmann. 1958. Cretaceous megasporas and a closely associated microspores from the Australian region. *Micropaleontology* 4: 39-49.

- Couper, R.A. 1953. Upper mesozoic and Cainozoic spores and pollen grains from New Zealand. *New Zealand Geological Survey Palaeontological Bulletin*: 77 pp.
- Deák, M.H. 1963. Quelques spores striées de l'étagé aptien. *Revue de Micropaléontologie* 5: 251-256.
- Dettmann, M.E. 1963. Upper Mesozoic microfloras from southeastern Australia. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 77: 1-148.
- Döring, H., W. Krutzsch, D.H. Mai, & E. Schulz. 1963. *Retritiletes*. En: W Krutzsch (ed.), *Atlas der mittel- und jungtertiären dispersen Sporen-und Pollen-sowie der Mikroplanktonformen des nördlichen Mitteleuropas*. Lieferung 2: 8-18 (Deutscher Verlag der Wissenschaften).
- Fossa Mancini, E., E. Feruglio & J.C. Jussen de Campana. 1938. Una reunión de geólogos de Y.P.F. y el problema de la terminología estratigráfica. *Boletín de Informaciones Petroleras* 171: 31-95. Buenos Aires.
- Friis, E.M., K.R. Pedersen, & P.R. Crane. 2000. Fossil floral structures of a basal angiosperm with monocolpate, reticulate-acolumellate pollen from the Early Cretaceous of Portugal. *Grana* 39: 226-239.
- Gamero, J.C. 1982. *Informe palinológico del perfil Arroyo Caballo Muerto, Santa Cruz*. Y.P.F., Buenos Aires. Informe Inédito.
- Gamero, J.C. & O. Cárdenas. 1980. Cómo hacer permanentes las preparaciones palinológicas en glicerina-gelatina. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología* 7: 39-42.
- Guler, M.V. & S. Archangelsky. 2003. Quistes de dinoflagelados de la Formación Kachaike (Cretácico Inferior), provincia de Santa Cruz, Argentina. *VIII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*. Abstracts, p. 75.
- 2006. Albian dinoflagellate cysts from the Kachaike Formation, Austral Basin, Southwest Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, n.s.*, 8: 179-184.
- Helby, R., R. Morgan & A.D. Partridge. 1987. A palynological zonation of the Australian Mesozoic. En: P.A. Jell (ed.), *Studies in Australian Mesozoic palynology*. Association of Australasian Palaeontologists, Memoir 4: 1-85.
- Leanza, A.F. 1970. Ammonites nuevos o poco conocidos del Aptiano, Albiano y Cenomaniano de los Andes Australes, con notas acerca de su posición estratigráfica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25: 197-261.
- Llorens, M. 2003. Granos de polen de angiospermas de la Formación Punta del Barco (Aptiano), provincia de Santa Cruz, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, nueva serie* 5: 235-240.
- 2005. *Palinología de la Formación Punta del Barco, Cretácico Inferior de Santa Cruz*. Tesis Doctoral inédita, Universidad Nacional de La Plata, 208 pp.
- 2008a. Estudio palinológico de la Formación Punta del Barco, Cretácico Inferior (Aptiano) de la provincia de Santa Cruz, Argentina. Descripciones sistemáticas I: esporas monoletes y triletes lisas y cinguladas. *Ameghiniana* 45: 153-166.
- 2008b. *Id.* II: esporas triletes apiculadas, muornadas, tricrasadas y perinadas. Implicancias paleoecológicas. *Ameghiniana* 45: 273-288.
- Marinelli, R.V., 1998. Reservorios deltaicos de la Formación Piedra Clavada. *Boletín de Informaciones Petroleras* 15(54): 28-37. Buenos Aires.
- Medina, F., S. Archangelsky, V. Guler, A. Archangelsky & O. Cárdenas (2008). Estudio bioestratigráfico integrado del perfil La Horqueta (Límite Aptiano-Albiano), Lago Cardiel, Patagonia, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Cs. Ns., n.s.* 10: 273-289.
- Nulló, F.E., C.A. Proserpio & G. Blasco de Nulló. 1981. El Cretácico de la Cuenca Austral entre el lago San Martín y Río Turbio. *Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur*. Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico 1: 181-220. Buenos Aires.
- Paden Phillips, P. & C.J. Felix. 1971. A study of Lower and Middle Cretaceous spores and pollen from Southeastern United States. 1. Spores. *Pollen et Spores* 13: 279-348.
- Playford, G. 1971. Palynology of Lower Cretaceous (Swan river) strata of Saskatchewan and Manitoba. *Palaeontology* 14: 535-565.
- Pocock, S.A.J. 1962. Microfloral analysis and age determination of strata at the Jurassic-Cretaceous Boundary in the Western Canadian Plains. *Palaeontographica Abt. B*, 11: 1-95.
- Poiré, D.G., A. Carloni, O. Ferrer & N.D. Canessa. 2001. Características icnológicas de la Formación Piedra Clavada (Cretácico), Tres Lagos, Cuenca Austral, Argentina. *IV Reunión Argentina de Icnología y Segunda Reunión de Icnología del Mercosur (Tucumán, 2001)*, Resúmenes p. 65.
- Poire, D.G., N.D. Canessa, A. Carloni & O. Ferrer. 2002. La Formación Piedra Clavada en el área de Tres Lagos, provincia de Santa Cruz, Argentina. *XV Congreso Geológico Argentino (El Calafate, Santa Cruz)*, Actas: p. 6.
- Pöthe de Baldis, D. & V.A. Ramos. 1980. Las microfloras de la Formación Río Mayer y su significado estratigráfico, provincia de Santa Cruz, República Argentina. *II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología*, Actas 5: 201-213.
- 1983. Dinoflagelados del Aptiano inferior de Río Fósiles, lago San Martín, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 15: 427-446.
- 1988. Microplancton adicional del Aptiano de Río Fósiles, lago San Martín, provincia de Santa Cruz, Argentina, y su correlación con Australia. *IV Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Actas 3: 23-40.
- Ramos, V.A. 1982. Geología de la región del lago Cardiel, provincia de Santa Cruz. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 37: 23-49.
- Rebasa, M. 1982. *Análisis estratigráfico y paleoambiental de la Formación Kachaike, aflorante en la barranca epónima, provincia de Santa Cruz*. Tesis de Licenciatura inédita, Universidad de Buenos Aires, 52 pp.

- Riccardi, A.C. & E.O. Rolleri. 1980. Cordillera Patagónica Austral. *Geología Regional Argentina. Segundo Simposio*, II: 1173-1306. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
- Riccardi, A.C., M.B. Aguirre Urreta & F. Medina. 1987. Hauterivian-Albian Aconeceratidae (Ammonoidea) from Southern Patagonia, Argentina. *Palaeontographica Abt. A* 196: 105-185.
- Russo, A. & M.A. Flores. 1972. Patagonia austral extra-andina. En: A.F. Leanza (ed.), *Primer Simposio de Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba pp. 707-725.
- Russo, A., M.A. Flores & H. Di Benedetto. 1980. Patagonia Austral Extrandina. En: J.C. Turner (ed.), *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba 2: 1431-1501.
- Stover, L.E. 1962. *Taurocusporites*, a new trilete spore genus from the lower Cretaceous of Maryland. *Micropaleontology* 8: 55-59.
- Turic M., F. Amarado Flores, R. Gómez Omil, R. Pombo, J. Sciutto, D. Robles, & A. Cáseres. 1987. Geología de las Cuencas petroleras de la Argentina. En: Schlumberger (ed.), *Evaluación de las Formaciones en la Argentina*, pp.1-44.
- Venkatachala, B.S. & M.S. Rawat. 1971. Palynology of Mesozoic sediments of Kutch, West India, 8. A check list of palynological fossils from Chawad River area and remarks on *Asterisporites gen. nov.* *The Palaeobotanist* 19: 105-109.
- Villar de Seoane, L. & S. Archangelsky. 2008. Taxonomy and biostratigraphy of Cretaceous megaspores from Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research* 29: 354-372.

Recibido: 22-VII-2008

Aceptado: 24-XI-2008