

***Celyphus rallus* Batten en depocentros del Cretácico Temprano, flanco norte de la Cuenca San Jorge: significado estratigráfico y oleogénico**

Viviana BARREDA¹, Eduardo S. BELLOSI² & Guillermo JALFIN³

¹CONICET. Museo Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia", Sección Paleopalínología. Av. Ángel Gallardo 470 C1405DJR Buenos Aires, Argentina. vbarreda@ciudad.com.ar.

²CONICET. Museo Argentino de Ciencias Naturales, División Icnología. Av. Ángel Gallardo 470 C1405DJR Buenos Aires, Argentina. ebellosi@sei.com.ar.

³Repsol-YPF Exploración. Paseo de la Castellana 280. Madrid, España. gajalfins@repsolypf.com.

Abstract: *Celyphus rallus* Batten in Early Cretaceous depocenters, North Flank of the Golfo San Jorge Basin: stratigraphic and oleogenetic implications. The filamentous cyanobacteria *Celyphus rallus* (rivulariacean?) is reported from samples of D-129 well, type locality of D-129 Formation (interval 3059-3570 m), the main source rock of the basin. Palynologic assemblages suggest a Hauterivian to Barremian age for that section. However, based on greater changes in frequencies and minor ones in composition, two different associations could be identified. The Lower Association (3335-3570 m) dominated by *C. rallus* with subordinate *Cyclusphaera psilata* Volkheimer & Sepúlveda, *Balmeiopsis limbatus* (Balme) Archangelsky, *Classopollis* spp., *Foraminisporis wonthaggiensis* (Cookson & Dettmann) Dettmann and *F. variornatus* Archangelsky has probably developed in the Hauterivian. The high percentages of *C. rallus* allowed to correlate this interval with those of the Las Heras Group ("Neocomian") of the Western Flank of the basin. The Upper Association (3059-3320 m), with scarce *C. rallus*, relatively abundant *Classopollis* spp., *C. psilata* and *B. limbatus* is more probably Barremian in age and surely belongs to the D-129 Formation. Thus, the section which includes the palynologic Lower Association in the D-129 well, previously referred to the D-129 Formation, should be reassigned to the Las Heras Group. These deposits correspond to syntectonic fill of extensional half-grabens developed during the late rift stage of the basin. *C. rallus* is the dominant palynomorph in organic rich lacustrine mudstones. This facies was considered as a secondary source rock in the western flank of the basin. Recent findings extend their hydrocarbon generation capability to the eastern flank as well, raising the exploratory potential particularly in marginal areas where the D-129 Formation has low-quality organic facies or does not attain oil window maturities.

Key words: *Celyphus rallus*, "Neocomian", D-129 Formation, Golfo San Jorge Basin, Early Cretaceous, source rock.

Recientes evaluaciones geofísicas, estratigráficas y estructurales de la Cuenca del Golfo San Jorge han permitido definir la coexistencia, en el lapso Jurásico Tardío-Cretácico (Fig. 1), de dos tipos de cuencas sobre la base de sus diferencias morfológicas, de orientación, control tectónico, relleno sedimentario y temporales (Figari *et al.*, 1999). La más conocida es la Cuenca "Chubutiana" o del Grupo Chubut (Barremiano-Maastrichtiano), debido a que en ella se incluyen la principal roca generadora de hidrocarburos y los reservorios más productivos, unidades que afloran en la periferia de la cuenca. La restante, denominada Cuenca del Grupo Las Heras o "Neocomiana" (Malm-Hauteriviano), ha sido mayormente distinguida y estudiada en subsuelo, en el oeste de la Patagonia central

(Hechem *et al.*, 1993; Figari *et al.*, 1996), en la región de la Faja Bernárdides (Peroni *et al.*, 1995) y, recientemente, en el margen austral de la cuenca, próximo al Nesocratón Deseado (Sylvan *et al.*, 1998). Con todo, y salvo pocas excepciones (Clavijo, 1986; Fitzgerald *et al.*, 1990) su identificación y análisis en el ámbito oriental de la cuenca fue muy poco tratado aún en recientes revisiones (Baldi & Nevistic, 1996; Figari *et al.*, 1999; Hechem & Strelkov, 2002). En todas estas áreas el Grupo Las Heras se caracteriza por la presencia de *Celyphus rallus* (Gammero & Seiler, 1982; Archangelsky *et al.*, 1984). Las exposiciones de las unidades "neocomianas" se restringen al oeste de la Patagonia central (*i.e.*, subcuenca Río Mayo) (Scasso, 1990; Hechem *et al.*, 1993), pero su distribución en

CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE					Roca madre
LS	Faja Plegada	Subsuelo	Edad	Período	
71	Grupo CHUBUT	Salamanca	Daniano	CRETÁCICO	
			Maastrichtiano		
			Campaniano		
			Santoniano		
			Coniaciano		
			Turoniano		
			Cenomaniano		
			Albiano		
			Aptiano		
			Barremiano		
88.5	B. Barreal sup	Yac. Trébol	Hauteriviano		
			Valanginiano		
96	B. Barreal inferior	Comodoro Rivadavia	Berriasiano		
			Tithoniano		
112	Castillo	Mina del Carmen	Kimmeridgiano	JURÁSICO	
			Oxfordiano		
121	Matasiete	D-129	Caloviano		
155	Grupo LAS HERAS ("Neocomiano")				
155	Grupo Lonco Trapial				

Fig. 1. Estratigrafía del Cretácico de la Cuenca del Golfo San Jorge. LS: límites de secuencias (según Fitzgerald *et al.*, 1990 y Jalfin *et al.*, 1999).

subsuelo, aunque profunda bajo la potente columna "chubutiana" y cenozoica, cubre también una vasta superficie del ámbito oriental de la Cuenca del Golfo San Jorge (Fitzgerald *et al.*, 1990; Uliana & Legarreta, 2000). Si bien la producción de petróleo en la región occidental ha sido moderada a discreta, el potencial oleogénico de las secuencias fangolíticas ricas en querógeno resulta significativo (Laffitte & Villar, 1982; Rodrigo Gainza *et al.*, 1984; Yllañez *et al.*, 1989; van Nieuwenhuise & Ormiston, 1989; Peroni *et al.*, 1995). La capacidad generadora de hidrocarburos del Grupo Las Heras responde primariamente a la abundancia de materia orgánica amorfa, en la que prevalece la cianobacteria filamentosas dulceaçuícola *Celyphus rallus*, descrita originalmente por Batten (1973) en fangolitas lacustres del Cretácico Inferior de Inglaterra. Según Batten y van Geel (1985), *Celyphus* estaría vinculado con cianobacterias filamentosas de la familia Rivulariaceae. Otros autores, sin embargo, consideran más probable su relación con los hongos (Gammero & Seiler, 1982; Elsik, 1996).

En Argentina, sus primeros registros provienen de muestras de perforaciones de la zona centro-oeste de la Cuenca del Golfo San Jorge (Fig. 2, pozos 1 a 13) (Gammero & Seiler, 1982). Reciente-

mente, también fue identificado en el flanco sur (Sylwan *et al.*, 1998). Fuera del ámbito de la Cuenca del Golfo San Jorge, *Celyphus* fue reconocido en el Cretácico Inferior de la Cuenca Neuquina (Quattrocchio *et al.*, 2002). Otros hallazgos provienen de rocas de edad similar de Túnez (Batten & van Geel, 1985), del sudeste de Sudán (Award en Batten, 1996), y del Golfo de México (Elsik, 1996).

En esta contribución se discute el significado estratigráfico y cronológico de las asociaciones con *Celyphus* y su trascendencia para la historia generadora de hidrocarburos en la Cuenca del Golfo San Jorge.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras analizadas fueron referidas en la contribución de Jalfin *et al.* (2002). Éstas corresponden a 7 niveles de *cutting* y un tramo de testigo de corona, del pozo D-129 (Área Diadema, Flanco Norte), intervalo 3059-3570 mbbp, referido originalmente a la Formación D-129 (Lesta, 1968). Todos los niveles resultaron fértiles para palinología, aunque el residuo orgánico recuperado se presenta bastante alterado tanto por efecto

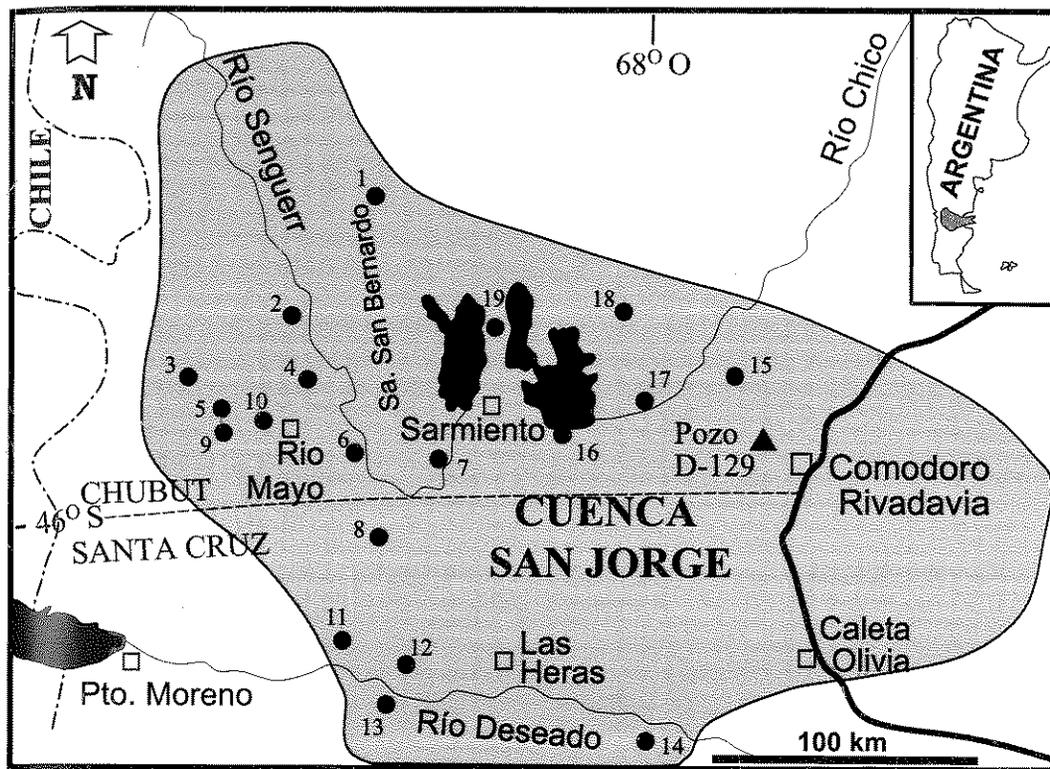


Fig. 2. Distribución de sondeos con presencia de *Celyphus rallus* en la Cuenca del Golfo San Jorge: 1, Ch.SN.es-1 (Sierra Nevada); 2, Ch.Fx-1 (Facundo); 3, OS-1 (Simas); 4-Ch.PL.x-1 (Pampa Leman); 5, Ch.PRM.es-1 (Paso Río Mayo); 6, Ch.CRM.es-1 (Confluencia Río Mayo); 7, Ch.AdP.es-1 (Anticlinal de Papelea); 8, SCN.AAB.x-1 (Anticlinal Aguada Bandera); 9, Ch.EC.x-1 (Estancia Centeno); 10, Ch.CS.x-1 (Campo Simms); 11, SCN.CEP.x-1 (Cañadón El Pluma); 12, SCN.Cgu.es-1 (Cerro Guadal); 13, SC.SRD.es-1 (Sur Río Deseado); 14, SCN.LE.x-1 (La Emilia); 15, Depocentro Granson (Área Manantiales Behr); 16, Ch.Z.x-1 (Zanjón); 17, Ch.RChN.x-1 (Río Chico Norte); 18, Ch.LV.x-2 (Las Vacas); 19, Ch.SS.es-1 (Sierra Silva). Información tomada de Gamero & Seiler (1982), Archangelsky *et al.* (1984), Sylwan *et al.* (1998), Uliana & Legarreta (2000), Bellosi *et al.* (2002) y Jalfin *et al.* (2002).

térmico como por destrucción físico-química. Los preparados palinológicos se encuentran depositados en la colección de Paleopalínología del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" bajo la sigla BAPal y los números de catálogo: 5614 a 5620. Las coordenadas del material ilustrado corresponden a la reglilla *England Finder*. Asimismo, se utilizó en este estudio reciente información palinológica y geoquímica del área Colhue-Huapi (Flanco Norte) (Bellosi *et al.*, 2002).

RESULTADOS

Depocentros lacustres del Grupo Las Heras

La revisión de líneas sísmicas de distintos sectores del Flanco Norte de la Cuenca del Golfo San Jorge (e.g. Diadema, Manantiales Behr, Colhue-

Huapi) ha permitido reconocer en forma precisa la existencia de fosas tectónicas "pre-chubutianas" de desarrollo local, las cuales fueron alcanzadas por distintos sondeos (Bellosi *et al.*, 2002; Jalfin *et al.*, 2002). En sectores centrales de la cuenca, los depocentros del Grupo Las Heras se encuentran limitados por fallas en el complejo volcánico-sedimentario mesojurásico (Grupo Lonco Trapial), mientras que hacia posiciones marginales se disponen sobre sustratos graníticos del Neopaleozoico (Bellosi *et al.*, 2002). Dado que las secuencias del Grupo Las Heras tuvieron un origen sintectónico, durante la atenuación de la fase de *rifting*, la distribución de espesores y facies estuvieron controladas por el movimiento de las fallas (Fitzgerald *et al.*, 1990). De acuerdo al análisis de muestras de *cutting* las facies dominantes en estos grábenes y hemigrábenes del ámbito oriental son arcillitas y limolitas gris oscuras a verdosas, negras, algo

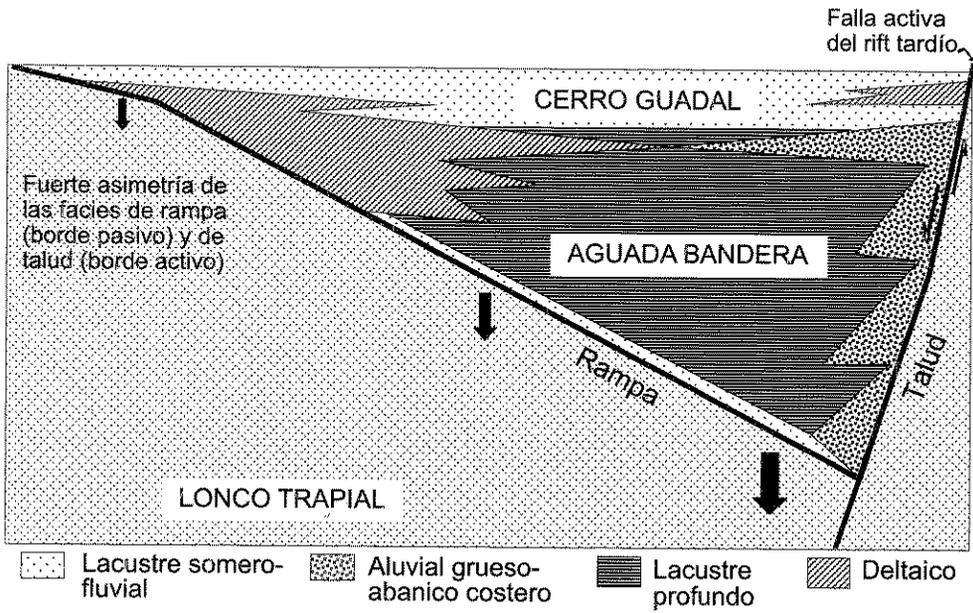


Fig. 3. Modelo de relleno de un hemigraben del Grupo Las Heras en la Cuenca del Golfo San Jorge, correspondiente a un sistema lacustre de agua dulce a salobre, estratificado y anóxico.

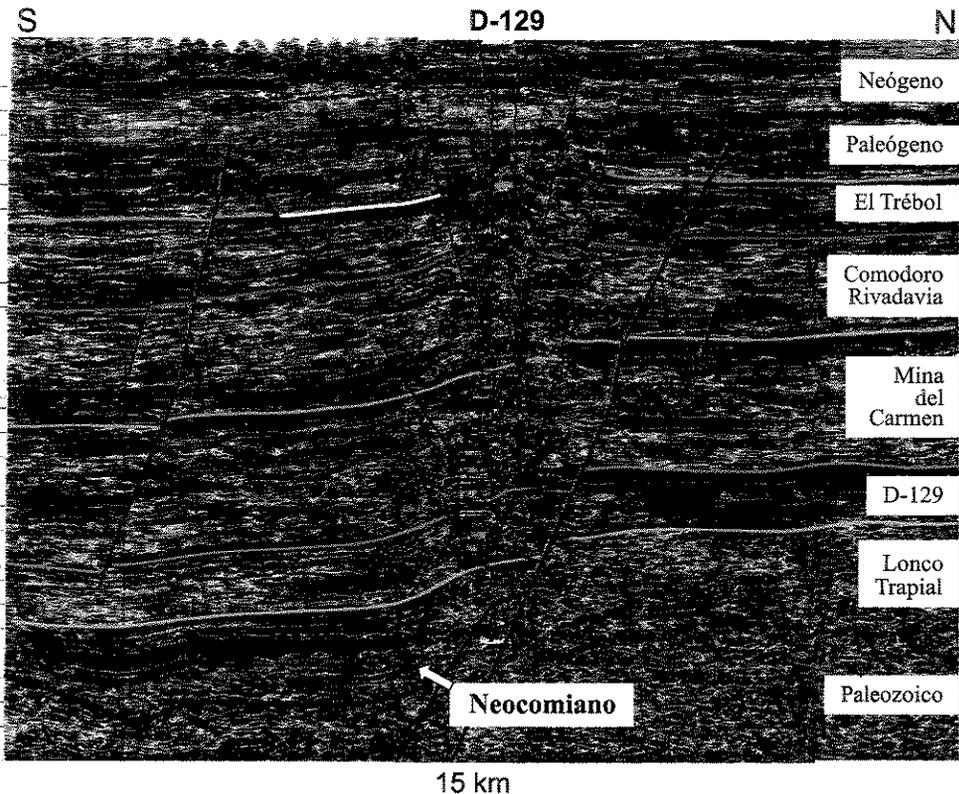


Fig. 4. Línea sísmica N-S interpretada del área Diadema (gentileza de la empresa CAPSA) y ubicación del pozo D-129 (tomado de Lesta, 1968) mostrando la secuencia "neocomiana" (Grupo Las Heras) portadora de *Celyphus*.

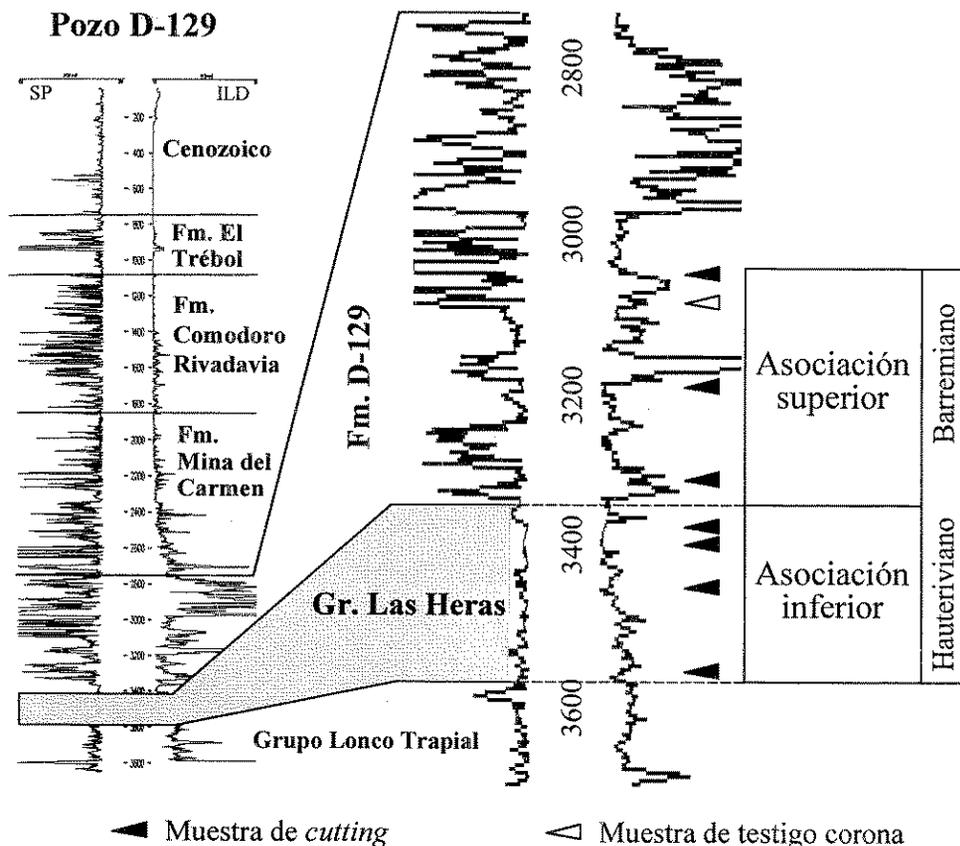


Fig. 5. Perfil de inducción del pozo D-129 (Área Diadema), asociaciones palinológicas reconocidas y ubicación de las muestras analizadas.

calcáreas y con pirita, junto a areniscas finas de matriz tobácea y cemento calcáreo (Fig. 3). También se reconocieron facies conglomerádicas finas y areniscas gruesas, y en menor proporción tobas claras finas en parte arenosas con ceolitas y tobas intercaladas. Este relleno contempla distintos tipos de depósitos lacustres y en menor medida aluviales, siendo las facies centrales de los paleolagos las de mayor concentración de materia orgánica y preservación de palinomorfos. En general la elongación de las fosas varía de E-O a NO-SE. Los depocentros del Grupo Las Heras miden desde unos pocos kilómetros de ancho a más de 25 km (Bellosi *et al.*, 2002), y su espesor oscila entre 200 y más de 1000 m. Se desconocen, por el momento, las relaciones entre la orientación, tamaño y relleno de estas cubetas. En el área Diadema, 20 km al noroeste de Comodoro Rivadavia, también se reconoció un profundo hemigraben del Grupo Las Heras limitado por fallas E-O. En líneas sísmicas 3D de este sector se advirtió que el pozo D-129 llegó a atravesar una porción marginal del

Grupo Las Heras por encima del basamento (Fig. 4). Esta observación fue confirmada por el estudio palinológico. De esta manera, el intervalo estratigráfico comprendido entre los (3335-3570 mbbp) previamente referido al tramo inferior de la Formación D-129, debe reasignarse al Grupo Las Heras (Fig. 5). El alto contenido orgánico y rendimiento de pirólisis de las fangolitas lacustres del Grupo Las Heras aseguran un buen potencial generador de hidrocarburos líquidos. En posiciones distales de los depocentros predomina el querógeno algal/amorfo (tipo I/II) y hacia los bordes adquiere características de generadora de gas debido al incremento de material terrestre (Bellosi *et al.*, 2002).

La Formación Cerro Guadal presenta un contenido orgánico modesto a bajo y una importante participación de restos vegetales terrestres (querógeno tipo III). Peroni *et al.* (1995) asociaron el predominio de *C. rallus* a lapsos de alta productividad y preservación en los sistemas lacustres de la Cuenca del Golfo San Jorge, cuyas condiciones

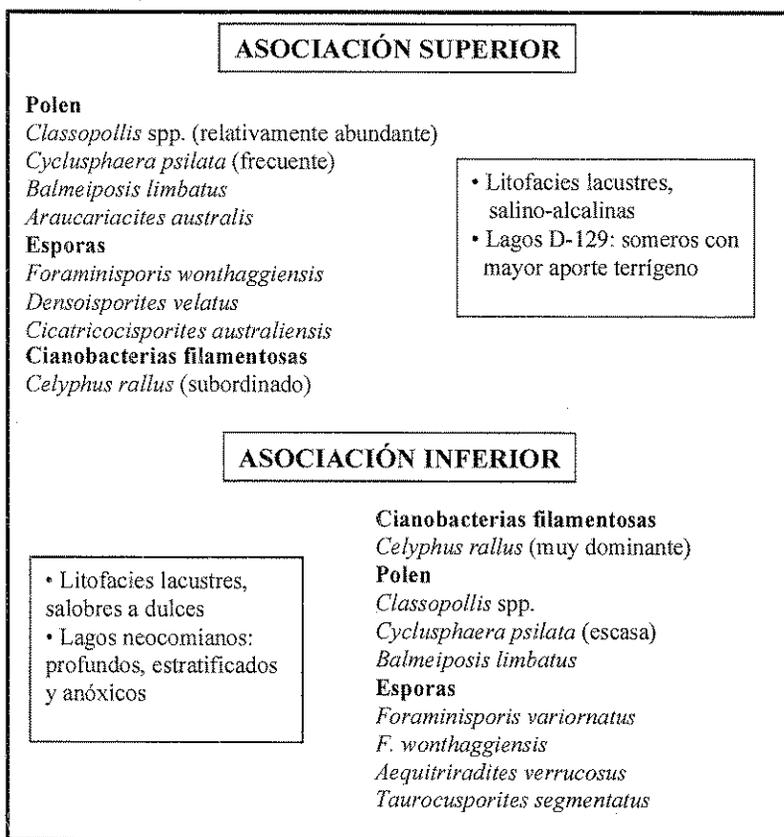


Fig. 6. Asociaciones palinológicas, litofacies asociadas y paleoambientes con *Celyphus rallus* en el Cretácico Temprano del Flanco Norte de la Cuenca del Golfo San Jorge.

fueron levemente salobres y anóxicas en profundidad.

Contenido palinológico

En ocho muestras del pozo D-129 (intervalo 3059-3570 mbbp) se recuperaron asociaciones palinológicas poco diversas, con un grado de preservación moderado a bajo. Están integradas por polen de gimnospermas, esporas de pteridófitas y briófitas y cianobacterias filamentosas (*Celyphus rallus*) que en algunos niveles son dominantes. El material leñoso-carbonoso es, en general, abundante y se presenta en fragmentos de tamaño grande a mediano, con bordes angulosos, sugiriendo relativa cercanía al área de aporte y escaso transporte.

En el sector de pozo analizado pudieron diferenciarse dos asociaciones palinológicas que, aunque presentan escasas diferencias en composición, muestran cambios significativos en las frecuencias de algunos de sus componentes (Fig. 6). La asociación inferior proviene del intervalo 3335-3570 mbbp y está francamente dominada por *C. rallus*, con porcentajes que oscilan entre un 60 y un 90%

del total de los palinomorfos (Fig. 7.A). Se trata de una forma cilíndrica, de pared delgada, con engrosamientos o marcas anulares concéntricas y una apertura circular a sub-circular en el extremo proximal (Figs. 7.A-D). Suele presentarse como elemento libre, o en agregados donde los componentes individuales se alinean subparalelamente. Las gimnospermas están representadas por tipos polínicos característicos del Cretácico Temprano de Patagonia como: *Cyclusphaera psilata*, *Balmeiposis limbatus*, *Classopollis* spp. y *Podocarpidites* sp. Las pteridófitas más abundantes corresponden a *Densoisporites velatus*, *Cicatricosisporites* spp., *Foraminisporis wonthaggiensis* y *F. variornatus*.

La asociación superior proviene del intervalo 3059-3320 mbbp y es menos diversa que la anterior. Está dominada por *Classopollis* spp., acompañada por una mejor representación de *Cyclusphaera psilata* y *Balmeiposis limbatus*. Las esporas son escasas y poco diversas y ya no se documentan en este sector *Foraminisporis variornatus* ni *Aequitriradites verrucosus*. Del mismo modo *Celyphus rallus* se encuentra en muy baja proporción.

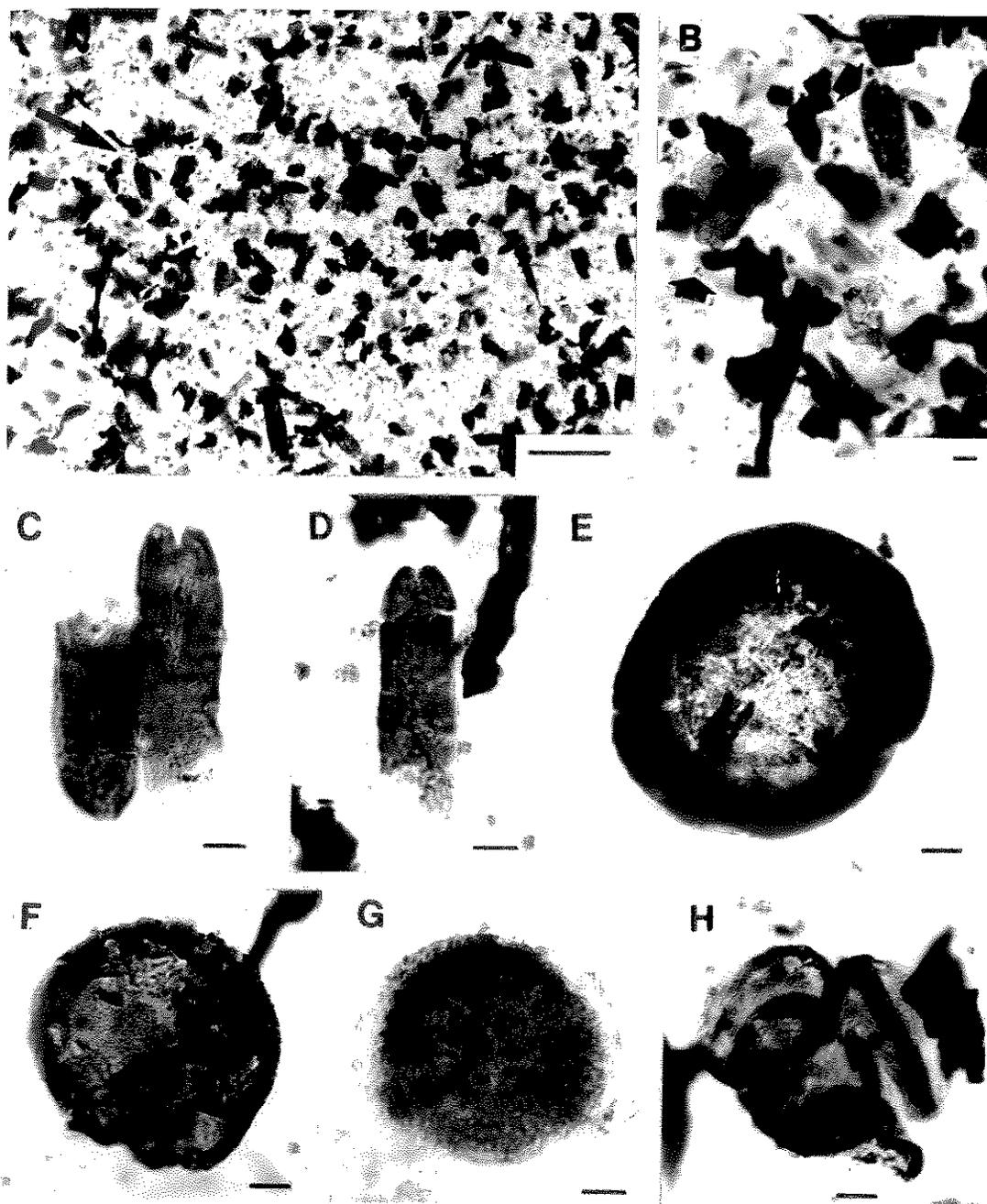


Fig. 7. A, asociación inferior dominada por *Celyphus rallus*, vista general (BAPal 5618a). B, detalle del campo anterior. C-D, *Celyphus rallus* (BAPal 5618b: T42/1-3; BAPal 5618a: M27). E, *Cyclospheara psilata* (BAPal 5618b: H24). F, *Balmeiopsis limbatus* (BAPal 5620b: Q34/4). G, *Aequiradites verrucosus* (BAPal 5618b: G28/4). H, *Classopollis* spp. (BAPal 5618b: V25/3). Escala gráfica en todas las figuras igual 10 μm , excepto en la figura A donde la escala gráfica representa 100 μm .

Lista de especies identificadas**Granos de polen***Araucariacites australis* Cookson*Balmeiopsis limbatus* (Balme) Archangelsky (Fig. 7.F)*Classopollis* spp. (Fig. 7.H)*Cyclusphaera psilata* Volkheimer & Sepúlveda
(Fig. 7.E)*Podocarpidites* sp.**Esporas***Aequitriradites verrucosus* (Cookson & Dettmann)
Cookson & Dettmann (Fig. 7.G)*Ceratospirites equalis* Cookson & Dettmann*Cicatricosisporites* spp.*Densoisporites velatus* Weyland & Krieger*Foraminisporis variornatus* Archangelsky*F. wonthaggiensis* (Cookson & Dettmann)
Dettmann*Interulobites* sp.*Stoverisporites microverrucatus* Burger*Taurocusporites segmentatus* Stover**Cianobacterias***Celyphus rallus* Batten (Figs. 7.A-D)**Edad y ambiente**

A pesar de la poca diversidad específica de las asociaciones, el espectro palinológico sugiere para el conjunto analizado una antigüedad en el entorno del Hauteriviano-Barremiano (Fig. 5). Esta edad está indicada por la presencia conjunta de *Cyclusphaera psilata*, *Balmeiopsis limbatus*, *Foraminisporis wonthaggiensis* y *Celyphus rallus*. La pobre representación de *Cyclusphaera psilata* y el reconocimiento de *F. variornatus* en la asociación inferior, tenderían a reforzar una asignación al Hauteriviano para el intervalo 3375-3570 mbbp, la abundancia de *C. rallus*, además, permitiría correlacionarlo con los depósitos "neocomianos" del oeste de la Cuenca del Golfo San Jorge y probablemente con la palinozona de *Interulobites-Foraminisporis* (Archangelsky *et al.*, 1984). La asociación superior, con una fuerte reducción de *Celyphus*, un incremento relativo en las frecuencias de *Classopollis* spp. y una mejor representación del complejo *Cyclusphaera-Balmeiopsis*, tendría más probablemente una antigüedad Barremiana (intervalo 3059-3320 mbbp) y caracterizaría típicamente a la Formación D-129 (Archangelsky *et al.*, 1984; Vallati, 1996, 1997). La asociación descrita por Vallati (1996) para esta unidad no presenta *Celyphus* y en cambio se documentan granos de polen de angiospermas, con especies indicativas del Barremiano tardío-Aptiano. La misma seguramente representa los términos más modernos de la Formación D-129, no alcanzados en el presente muestreo.

La asociación inferior se habría depositado en un cuerpo de agua dulce a salobre, dada la abun-

dancia de *C. rallus* (Fig. 6). Este ambiente sería comparable con el sugerido para la Formación Agua- da Bandera en el sector occidental de la Cuenca del Golfo San Jorge. Allí se reconoce un querógeno mayormente amorfo asociado con alta participación de *Celyphus*, ambos indicadores de un ambiente lacustre, con columna de agua estratificada y aporte de plantas terrestres bajo condiciones de clima cálido y húmedo (Figari *et al.*, 1999; Uliana *et al.*, 1999). La asociación superior, recuperada de la Formación D-129, también se habría desarrollado en un ambiente lacustre, con mayor aporte terrestre (Fig. 6). Según lo interpretado en otras partes de la cuenca, para la Formación D-129 se acepta la presencia de un lago estratificado, relativamente somero, con influencia carbonática (Villar *et al.*, 1998), bajo condiciones de clima semiárido (Uliana *et al.*, 1999). La abundancia de pirita en toda la sección analizada indicaría condiciones de depositación en un ambiente reductor.

CONCLUSIONES

Se reconoce la presencia del Grupo Las Heras en el pozo D-129, por encima del basamento mesojurásico y por debajo del Grupo Chubut. En consecuencia, la sección inferior (intervalo 3375-3570 mbbp) de la Formación D-129, en su localidad tipo, debe reasignarse al Grupo Las Heras.

Se propone que la antigüedad máxima de la Formación D-129 en su localidad tipo no superaría el Barremiano, o a lo sumo el Hauteriviano terminal.

Los nuevos datos palinológicos permiten asegurar que la acumulación y preservación de sedimentos de la etapa final del ciclo "Neocomiano" (Valanginiano tardío-Hauteriviano) no se habría restringido al ámbito sudoeste de la Cuenca del Golfo San Jorge, sino que fue también significativa en un amplio sector del Flanco Norte.

Las escasas diferencias composicionales observadas entre las asociaciones palinológicas de los Grupos Las Heras y Chubut inferior (Formación D-129), sugieren que entre ambas no mediaría un intervalo de tiempo significativo, indicando que a pesar de la transformación tectónica de la cuenca (etapa de *rift* tardío a *sag*), los cambios se resolvieron con relativa continuidad y con sistemas sedimentarios similares.

El desarrollo discontinuo de depocentros lacustres del Grupo Las Heras en la Cuenca del Golfo San Jorge también cumplió un rol destacado en la generación temprana de hidrocarburos en el oriente de la cuenca. De este modo se abren nuevas expectativas exploratorias corroboradas por recientes descubrimientos del Flanco Norte. Su capacidad oleogenética se potencializa en áreas

marginales, donde la Formación D-129 no posee facies ricas en materia orgánica o se presenta térmicamente inmadura. La comprobada eficiencia de generación-expulsión del Grupo Las Heras en el oriente de la cuenca define un nuevo sistema petrolero, que coexiste en zonas intermedias con el tradicional D129/Bajo Barreal-Castillo, para hacerse dominante hacia los bordes de cuenca.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Héctor Villar (CONICET-Universidad de Buenos Aires) por su colaboración. A la empresa Repsol YPF por la posibilidad de difundir estos resultados, y a CAPSA por facilitar la línea sísmica del área Diadema. A los revisores del manuscrito Sergio Archangelsky y Guillermo Ottone por sus valiosas sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

- Archangelsky, S., A. Baldoni, J.C. Gamero & J. Seiller. 1984. Palinología estratigráfica del Cretácico de Argentina austral. III Distribución de especies y conclusiones. *Ameghiniana* 21:15-33.
- Baldi, J.E. & V.A. Nevistic. 1996. Cuenca costa afuera del Golfo San Jorge. En: V. Ramos & M. Turic (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina*. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Buenos Aires), *Relatorio* 10:171-192.
- Batten, D.J. 1973. Use of palynologic assemblage-types in Wealden correlation. *Palaeontology* 16:1-40.
- 1996. Colonial Chlorococcales. En: J. Jansonius & D.C. McGregor (eds.), *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation 1:191-203.
- Batten, D.J. & B. Van Geel. 1985. *Celyphus rallus*, probable Early Cretaceous Rivulariacean blue-green alga. *Review of Palaeobotany and Palynology* 44:233-241.
- Bellosi, E.S., H.J. Villar & G. Laffitte. 2002. Un nuevo sistema petrolero en el flanco norte de la Cuenca del Golfo San Jorge: revaloración de áreas marginales y exploratorias. 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. *Trabajos técnicos* (Mar del Plata), CD ROM.
- Clavijo, R. 1986. Estratigrafía del Cretácico Inferior en el sector occidental de la Cuenca Golfo San Jorge. *Boletín de Informaciones Petroleras* 9:15-32.
- Elsik, W.C. 1996. Fungi. En: J. Jansonius & D.C. McGregor (eds.), *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation 1:293-305.
- Figari, E.G., M.S. Cid de la Paz & G. Laffitte. 1996. Neocomian halfgrabens in the Western San Jorge Basin, Argentina: petroleum systems, origin and tectonic inversion. 2° American Association of Petroleum Geologists, *Sociedad Venezolana de Geología, International Congress and Exhibition*, Caracas, Venezuela. American Association of Petroleum Geologists, *Bulletin* 80:1289.
- 1997. Modelos de hemigrábenes en el Neocomiano del sector occidental de la Cuenca del Golfo San Jorge, Argentina: sistemas petroleros, origen e inversión tectónica. *Boletín de Informaciones Petroleras* 52:5-17.
- Figari, E., G. Laffitte, P. Lafourcade, E. Strelkov, M. Cid de la Paz & H.J. Villar. 1999. Los sistemas petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge. 4° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata), *Actas* 1:197-237.
- Fitzgerald, M., R. Mitchum Jr., M.A. Uliana & K. Biddle. 1990. Evolution of the San Jorge Basin. American Association of Petroleum Geologists, *Bulletin* 74: 879-920.
- Gamero, J.C. & J. Seiler. 1982. *Celyphus rallus* Batten, fósil "insertae sedis", su hallazgo en el Cretácico del subsuelo de la Cuenca del Golfo, provincias del Chubut y Santa Cruz, Argentina. 3° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía (Corrientes), *Resúmenes*: 1A.
- Hechem, J., E. Figari & J. Homovc. 1993. Secuencias deposicionales en el Neocomiano del lago Fontana, Chubut, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza), *Actas* 2:119-123.
- Hechem, J.J. & E.E. Strelkov. 2002. Secuencia sedimentaria mesozoica del Golfo San Jorge. En: M. Haller (ed.), *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz*. 15° Congreso Geológico Argentino, (El Calafate), *Relatorio* :129-147.
- Jalfin, G.A., E. Bellosi, J. Sanagua & H. Villar. 1999. Procesos múltiples de migración, alteración y mezcla de petróleos en la Cuenca del Golfo San Jorge, una evaluación geoquímica integrada. 4° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata), *Actas* 1:445-465.
- Jalfin, G.A., E.S. Bellosi, E. Smith & G. Laffitte. 2002. Generación de petróleos y carga de reservorios en Manantiales Behr, Cuenca del Golfo San Jorge: un caso de exploración en áreas maduras. 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. *Trabajos técnicos* (Mar del Plata), CD ROM.
- Laffitte, G.A. & H.J. Villar. 1982. Poder reflector de la vitrinita y madurez térmica: aplicación en el sector NO de la Cuenca del Golfo San Jorge. 1° Congreso Nacional de Hidrocarburos, (Buenos Aires), *Trabajos Técnicos*: 171-182.
- Lesta, P. 1968. Estratigrafía de la Cuenca del Golfo San Jorge. 3° *Jorn. Geol. Arg.* (Comodoro Rivadavia), *Actas* 1:251-289.
- Peroni, G., A. Hegedus, J. Cerdan, L. Legarreta, M. Uliana & G. Laffitte. 1995. Hydrocarbon accumulation in an inverted segment of the Andean Foreland: San Bernardo fold belt, Central Patagonia. En: A. Tankard, R. Suárez & H. Welsnik (eds.), *Petroleum Basins of South America*, American Association of Petroleum Geologists, *Memoir* 62: 403-419.
- Quattocchio, M.E., M.A. Martínez, V.M. García & C.A. Zavala. 2002. Palinoestratigrafía del Tithoniano-

- Hauteriviano del centro-oeste de la Cuenca Neuquina, Argentina. *8º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía* (Corrientes), *Resúmenes* :75.
- Rodrigo Gainza, L., O. Decastelli, M. Destéfano, M. Iñíguez, A. Rodríguez & J. Seiler. 1984. Análisis estratigráfico y oleogénico del sector noroeste de la Cuenca del Golfo San Jorge. *9º Congreso Geológico Argentino* (Bariloche), *Actas* 7:86-105.
- Scasso, R. 1990. La cuenca sedimentaria del Jurásico Superior y Cretácico Inferior de la región sudoccidental del Chubut. En: G. Chebli & L. Spalletti (eds.), *Cuencas Sedimentarias Argentinas, Serie Correlación Geológica* 6(1989): 395-418.
- Sylwan, C., H. Villar & W. Dow. 1998. Neocomian source beds, future exploration play in the South Flank of the Golfo San Jorge Basin. *American Association of Petroleum Geologists. International Conference and Exhibition*, pp. 456-457. (Río de Janeiro). Republicado en 1999: *4º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*, (Mar del Plata), *Actas* 2: 963-966.
- Uliana, M.A. & L. Legarreta. 2000. Jurásico y Cretácico de la Cuenca del Golfo San Jorge. En: R. Caminos (ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Naturales, *Anales* 29(1999):496-510.
- Uliana, M.A., L. Legarreta, G. Laffitte & H. Villar. 1999. Estratigrafía y geoquímica de las facies generadoras de hidrocarburos en las cuencas petrolíferas de Argentina. *4º Congreso Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos* (Mar del Plata), *Actas* 1:1-61.
- Vallati, P. 1996. Palynology of Pozo D-129 Formation in the San Jorge Gulf Basin, Lower Cretaceous, Patagonia, Argentina. IUGS-IGCP Proy. N° 381 "South Atlantic Mesozoic Correlations" (Brasil), *SAMC News* 5:66-67.
- 1997. Microfloras del Cretácico medio en Patagonia central y septentrional. *10º Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología* (Mendoza), *Resúmenes*: 55.
- Van Nieuwenhuise, D.S. & A.R. Ormiston. 1989. A model for the origin of source-rich lacustrine facies, San Jorge Basin, Argentina. *1º Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, *Actas* 2: 853-883.
- Villar, H.J., G. Laffitte & L. Legarreta. 1998. The source rocks of the Mesozoic petroleum systems of Argentina: a comparative overview on their geochemistry, paleoenvironments and hydrocarbon generation patterns. *American Assoc. Petr. Geol., International Conference and Exhibition* (Río de Janeiro), *Extended abstracts* :186-187.
- Yllañez, E., J. Di Lena & H. Marchese. 1989. Evaluación geoquímica de petróleos y rocas generadoras en la Cuenca del Golfo San Jorge. *1º Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, *Actas* 2:1127-1157.

Recibido: 03-VII-2003

Aceptado: 15-X-2003