

Algas Chlorococcales como indicadores paleoambientales: nuevos datos de la Formación Los Rastros, Triásico del centro-oeste de Argentina

Eduardo G. OTTONE¹ & Adriana C. MANCUSO²

¹Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria Pabellón II, C1428EHA Buenos Aires, Argentina.
E-mail: ottone@gl.fcen.uba.ar. ²Museo de Ciencias Naturales y Antropológicas «Juan Cornelio Moyano» e Ianigla, (CRICYT-CONICET), Adrián Ruiz Leal s/n - Parque Gral. San Martín, 5500 Mendoza C.C.330. Argentina, E-mail: amancu@lab.cricyt.edu.ar

Abstract: Chlorococcalean algae as palaeoenvironmental indicators: new data from the Los Rastros Formation, Triassic of central-western Argentina. Lacustrine strata of the Los Rastros Formation (Triassic) at the Ischigualasto Provincial Park section, San Juan province, yield a distinctive palynological assemblage of miospores and Chlorococcalean algae. The miospore association is characterized by a relative abundance of corystosperm pollen grains with subordinate spores and inaperturates, diploxyloloid disaccates, monocolpates, monosaccates and striate pollen grains. The phytoplankton is represented by the Chlorococcalean *Botryococcus* and *Plaesiodictyon*. Geological data and variations in phytoplankton content indicate that the lacustrine system should be moderately eutrophic towards the lower third of the section, evolving into a body with oligotrophic conditions through the middle and upper part of the unit. Comparisons with the Río Gualo section suggest palaeoenvironmental similarities between the two areas. One new disaccate pollen grain species, *Platysaccus rhombicus*, is proposed.

Key words: Chlorococcalean algae, miospores, lacustrine environment, Triassic, Argentina.

La Cuenca Ischigualasto-Villa Unión es una cuenca extensional triásica que se desarrolló a lo largo del margen sudoeste de América del Sur, en asociación con la pre-ruptura de Gondwana (Uliana & Biddle, 1988). El relleno de la cuenca consiste en 2000 a 6000 m de rocas exclusivamente continentales de edad Triásica, y donde predominan sedimentitas de origen aluvial, fluvial y lacustre (Stipanovic, 2002).

La secuencia triásica comienza con el depósito de las facies rojas aluviales y fluviales de edad posiblemente Triásico Temprano de las formaciones Talampaya y Tarjados, las cuales cubren discordantemente rocas del Paleozoico Superior (Caselli, 1998). Sucesivamente continúan los depósitos del Grupo Agua de la Peña, el cual apoya en discordancia sobre la Formación Tarjados. Este grupo está conformado por cuatro unidades (*sensu* Mancuso, 2005a, b), que de abajo hacia arriba son: la Formación Chañares, dominada por areniscas y limolitas tufáceas depositadas en un ambiente fluvio-lacustre (Rogers *et al.*, 2001; Mancuso, 2005a); la Formación Los Rastros, con pelitas y areniscas alternantes que conforman

ciclos lacustre-deltaicos (Milana, 1999; Mancuso, 2005a); la Formación Ischigualasto, que incluye areniscas y tobos que representan depósitos fluviales de moderada a alta sinuosidad (Milana & Alcober, 1995); y finalmente los depósitos fluviales rojos de la Formación Los Colorados (Caselli *et al.*, 2001).

La edad del Grupo Agua de la Peña se extiende entre el Triásico Medio y el Triásico Tardío (Kokogian *et al.*, 2001). No obstante, sobre la edad de la Formación Los Rastros no hay un consenso generalizado. Mientras el contenido palinológico referiría la unidad al Triásico Tardío temprano (Carniano) (Morel *et al.*, 2001; Zavattieri & Batten, 1996; Zavattieri & Melchor, 1999; Zavattieri, 2002), sus relaciones estratigráficas sugerirían una edad mayor. Así, una datación absoluta (227.8 ± 0.3 Ma) de la sección inferior de la Formación Ischigualasto (Rogers *et al.*, 1993) sugiere una edad no más antigua que Triásico Medio tardío (Ladiniano) para la Formación Los Rastros (Rogers *et al.*, 1993, 2001; Kokogian *et al.*, 2001).

El contenido paleontológico de la Formación Los Rastros incluye, principalmente, una rica

taoflora con restos megafloresticos relacionados con la «Flora de *Dicroidium*», entre los que se destacan las corystospermas, sphenophytas, osmundáceas, peltaspermales, cycadales, voltziáceas y czezanowskiales, y una asociación microflorística referida a la «Microflora de Ipswich» (Ottone *et al.*, 2005). El registro faunístico incluye, entre los invertebrados, a los crustáceos conchóstracos, insectos y bivalvos (Gallego, 1992; Martins-Neto *et al.*, 2005, 2006 en prensa), y entre los vertebrados, restos de peces actinopterigios y anfibios temnospóndilos (Mancuso, 2003, 2005a). Asimismo, se encuentran restos icnológicos tanto de invertebrados como de vertebrados (Melchor, 2004; Marsicano *et al.*, 2004; Melchor & de Valais, 2006).

Paleoambiente de la Formación Los Rastros

La Formación Los Rastros ha sido estudiada en los excelentes afloramientos del Parque Provincial Ischigualasto (Fig. 1), los cuales forman una extensa franja continua desde la quebrada de la Chilca hasta la Aguada de Ischigualasto. Para este trabajo se ha confeccionado un perfil esquemático (Fig. 2) que representa a la unidad y que fue testeado desde la quebrada Agua de la Peña hasta la quebrada Aguada de Ischigualasto. La unidad aquí está caracterizada por trece ciclos grano y estrato-crecientes dominados por una alternancia de pelitas carbonosas lacustres y areniscas deltaicas finas a gruesas que representan en conjunto la progradación de lóbulos deltaicos hacia un depocentro lacustre (Milana, 1999; Mancuso, 2005a). En general todos los ciclos se encuentran formados en la base por facies de pelitas lacustres, ocasionalmente intercaladas con limolitas y areniscas ferruginosas muy finas. Las facies lacustres están cubiertas por limolitas y areniscas de finas a gruesas con un arreglo grano y estrato-creciente, y culminan, en algunos casos, con una secuencia grano-decreciente de areniscas intercaladas con pelitas muy ricas en materia orgánica. Los ciclos pueden presentar espesores variables de entre 10 y 45 m (Fig. 2).

Cada ciclo está dominado en la base por facies de pelitas carbonosas gris-negras finamente laminadas, las cuales forman depósitos lateralmente continuos, en los que ocasionalmente se intercalan bancos tabulares de limolitas y areniscas ferruginosas muy finas. Estas facies pueden mostrar espesores variables de entre 2 y 6 m. Las facies de pelitas son portadoras de restos vegetales relacionados con la «Flora de *Dicroidium*», invertebrados, tales como conchóstracos, insectos, bivalvos, y escasos restos de peces

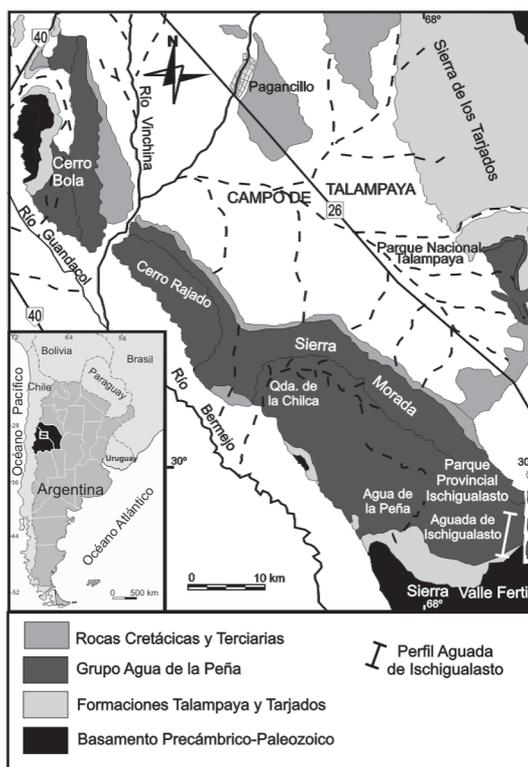


Fig. 1. Mapa geológico de la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión con la ubicación del perfil en el Parque Provincial Ischigualasto. Modificado de Mancuso (2005a).

(Mancuso, 2003, 2005a). Los niveles ferruginosos son de 0.01 a 0.3 m, presentan techo y base netos e internamente aparecen masivos o laminados, con gradación normal. Estos bancos pueden preservar restos vegetales, conchóstracos, fragmentos de peces y trazas de pastoreo (Mancuso, 2003, 2005a; Melchor, 2004). Las facies de pelitas han sido interpretadas como un depósito de decantación en un ambiente lacustre de aguas abiertas, mientras que las facies ferruginosas corresponderían a ocasionales corrientes turbidíticas distales de baja densidad que habrían alcanzado los sectores distales del lago (Farquharson, 1982; Talbot & Allen, 1996; Mancuso, 2005a).

En general, hacia arriba, los ciclos pasan a una sucesión grano y estrato-creciente dominada por limolitas y areniscas finas a gruesas. Esta sucesión suele iniciarse con una alternancia de bancos tabulares de limolitas grises y verdes, masivas, con delgadas intercalaciones de areniscas finas laminadas. Éstas se hacen más abundantes y en bancos más potentes hacia arriba, de modo tal que, en el tope de la sucesión, las limolitas son muy escasas y dominan las arenis-

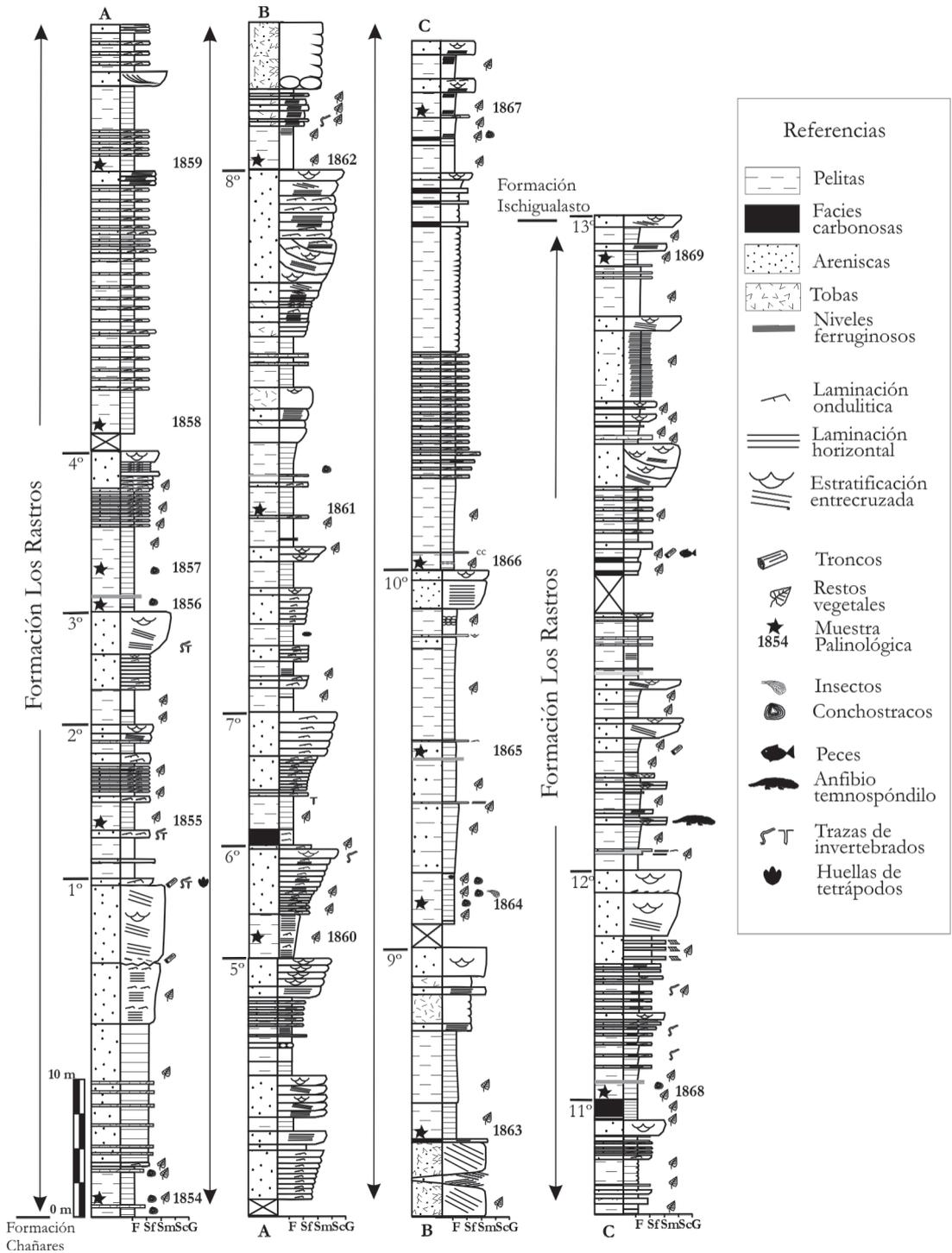


Fig. 2. Sección esquemática de la Formación Los Rastros en el Parque Provincial Ischigualasto incluyendo horizontes con palinomorfos y otros fósiles. Modificado de Mancuso (2005a).

cas medias a gruesas (Mancuso, 2005a). Los bancos de areniscas son tabulares a plano-convexos, con espesores de 0.05 a 3 m, e internamente muestran estratificación inicialmente dominada por ondulitas de corriente que pasa a laminación horizontal y culmina con estratificación entrecruzada tabular planar y en artesa. Las facies de areniscas son portadoras de abundantes restos vegetales en diferentes estados de preservación, peces articulados bien preservados y huellas de tetrápodos (Mancuso, 2003, 2005a; Marsicano *et al.*, 2004). La sucesión grano y estrato-creciente hasta aquí descrita ha sido interpretada como un depósito de sistemas de barras de desembocadura que progradan en una cuenca lacustre (Milana, 1999; Mancuso, 2005a).

Ocasionalmente los ciclos pueden culminar con una sucesión grano-decreciente dominada por areniscas medias y gruesas con estratificación entrecruzada tabular planar y en artesa, las cuales forman bancos lenticulares a tabulares de base erosiva, y con laminación ondulítica en el techo. Los bancos pueden encontrarse amalgamados formando unidades de 4 a 5 m de espesor. Las areniscas son portadoras de restos de troncos, un anfibio temnospóndilo (Contreras *et al.* 1997; Mancuso, 2005a) y huellas de tetrápodos asociadas con trazas de invertebrados (Heim, 1949; Marsicano *et al.*, 2004). Estas facies de areniscas se encuentran intercaladas con pelitas y areniscas muy finas, oscuras, masivas a laminadas, ricas en restos de vegetales carbonizados, y en ocasiones, con niveles de carbón de hasta 0.2 m de espesor. La sucesión grano-decreciente aquí descrita ha sido interpretada como un depósito del sistema fluvial distributivo de una plataforma deltaica con desarrollo de pantanos en la planicie (Milana, 1999; Mancuso, 2005a).

MATERIALES Y METODOS

Se llevó a cabo la descripción sedimentológica detallada de la sección del Parque Provincial Ischigualasto. Se extrajeron 16 muestras palinológicas que fueron luego procesadas de acuerdo a prácticas convencionales. Carbonatos y silicatos fueron removidos por tratamiento con HCl y HF (70%), y los residuos orgánicos, previo filtrado con una malla de 25 μm , fueron montados en gelatina-glicerina. Los especímenes se examinaron con un microscopio binocular Leitz Orthoplan, en tanto que las fotomicrografías se realizaron con una cámara digital Sony Cyber-shot DSC-P93A. Los preparados palinológicos llevan el prefijo BAFC-Pl. Los especímenes ilustrados están identificados con el número de preparado y las coordenadas de England Finder. Los

preparados se encuentran alojados en el Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. E. G. Ottone es responsable del estudio palinológico, en tanto que A. C. Mancuso colectó las muestras y realizó la parte geológica.

RESULTADOS

Resultados palinológicos y discusión

La lista completa de palinomorfos recuperados en la sección del Parque Provincial Ischigualasto se presenta en la Fig. 3. La lista de autores correspondiente a cada una de las especies citadas puede chequearse en Zavattieri & Batten (1996) y Ottone *et al.* (2005), en tanto que las afinidades botánicas en Zamuner *et al.* (2001). La asociación palinológica recuperada de la Formación Los Rastros en la sección del Parque Provincial Ischigualasto está dominada por polen bisacado afín a *Corystospermales*, principalmente *Alisporites australis* de Jersey y *Alisporites* spp. También hay inaperturados y bisacados de probable afinidad Araucariaceae (*Inaperturopollenites reidi* de Jersey) y Podocarpaceae (*Platysaccus* spp.), esporas de Pteridophyta (principalmente *Cadargasporites* spp., *Leptolepidites* spp., *Osmundacidites* spp., *Rugulatisporites* spp.), Lycophyta (fundamentalmente *Aratrisporites compositus* Volkheimer & Zavattieri) y Sphenophyta (*Calamospora tener* (Leschik) de Jersey), monocarpados semejantes al polen de *Ginkgo biloba* Linneo, referibles a diferentes grupos de plantas tales como Peltaspermales, Cycadales, Cycadeoideales y Ginkgoales (*Cycadopites* spp.), monosacados (*Variapollenites* spp.), que junto a bisacados semejantes al polen de *Cedrus* (*Cedripites* spp.) son referibles a Coniferales, estriados (*Protohaploxylinus* spp., *Striatopodocarpites* spp.) y polen comparable al de *Ephedra* (*Equisetosporites cacheutensis* Jain). El fitoplancton está representado por las Chlorococcales *Botryococcus* sp., *Plaesiodyctyon mosellanum* ssp. *perforatum*(?) Wille y *Plaesiodyctyon mosellanum* ssp. *variabile*(?) Brenner & Foster.

Distintos autores enfatizaron el valor paleoecológico que presentan las Chlorococcales, y en especial, *Botryococcus* Kützing 1849, en la evaluación de algunos parámetros tales como el nivel de nutrientes presentes en un cuerpo de agua (estado trófico), y en menor medida, la profundidad. *Botryococcus* es una forma dulceacuícola y eurihalina, que prospera inclusive en albuferas (Medeanic, 2006); para algunos autores sería un elemento de valor ecológico discutido (Hutchinson, 1957), en tanto que otros señalan que puede

FORMACIÓN		LOS RASTROS															
ESPECIES	MUESTRA	1854	1855	1856	1857	1858	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869
<i>Alisporites australis</i>		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Alisporites lowoodensis</i>					■			■	■				■				
<i>Alisporites parvus</i>		■		■		■						■					
<i>Alisporites spp.</i>		■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Anapiculatisporites sp. cf. A. pamela</i>					■			■									
<i>Aratrisporites compositus</i>		■		■	■	■		■	?	■							
<i>Baculatisporites comaumensis</i>		■	■		■	■		■									
<i>Brachysaccus sp. A</i>				■	■							■					
<i>Cadargasporites cuyanensis</i>				■													
<i>Cadargasporites sp. cf. C. baculatus</i>										■							■
<i>Cadargasporites sp. cf. C. granulatus</i>									■	■		■					
<i>Calamospora tener</i>		■		■	■	■		■	■	■	■			■	■		
<i>Cedripites tectus</i>				■	■			■	■	■	■	■		■		■	
<i>Cedripites sp. cf. C. priscus</i>				■		■			■	■	■						
<i>Chordasporites australienis</i>		■	■	■	■	■		■	■	■	■			■		■	
<i>Clavatisporites conspicuus</i>		■		■		■		■		■	?						
<i>Clavatisporites hammenii</i>		■	■	■	■	■		■	■	■	■		■	■			
<i>Clavatisporites sp.</i>		■							■	■							
<i>Converrucosisporites sp.</i>						■											
<i>Cycadopites sp. cf. C. follicularis</i>			■														
<i>Cycadopites spp.</i>		■		■	■	■		■	■	■	■	■	■	■			
<i>Deltoidospora sp.</i>		■		■		■		■	■	■	■	■					
<i>Densoisporites psilatus</i>												■					
<i>Equisetosporites cacheutensis</i>				■				■									
<i>Goubinispora morondavensis</i>												■					
<i>Inaperturopollenites reidi</i>		■	■	■		■		■	■	■			■	■	■	■	■
<i>Leptolepidites volkheimerii</i>		■								■							
<i>Leptolepidites sp. cf. L. crassibalteus</i>		■		■	■	■		■	■	■		■		■			
<i>Leptolepidites sp.</i>										■		■					
<i>Lophotriletes sp. cf. L. bauhiniae</i>		■	■														
<i>Lundbladispóra sp.</i>								■									
<i>Neoraistrickia sp.</i>									■								
<i>Osmundacidites parvus</i>				■				■	■	■	■						
<i>Osmundacidites wellmanii</i>		■						■	■								
<i>Platysaccus papilionis</i>		■		■	■	■		■	■	■	■						?
<i>Platysaccus queenslandi</i>			■		■	■		■	■	■	■	■	■	■			
<i>Platysaccus rhombicus</i>				■								■	■	■			
<i>Playfordiaspora cancellosa</i>				■	■					■		■					
<i>Protodiploxypinus sp.</i>				■				■									
<i>Protohaploxypinus sp. cf. P. amplus</i>										■		■					
<i>Protohaploxypinus sp. cf. P. diagonalis</i>												■					
<i>Protohaploxypinus sp. cf. P. limpidus</i>				■	■			■	■	■		■					
<i>Protohaploxypinus spp.</i>		■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Pteruchipollenites spp.</i>		■	■	■	■					■			■	■	■	■	■
<i>Punctatisporites sp.</i>		■	■	■	■			■	■	■	■			■			
<i>Rugulatisporites neuquenensis</i>							?	■	■	■				■			
<i>Rugulatisporites permixtus</i>							?		■								
<i>Rugulatisporites sp.</i>					■												
<i>Stereisporites sp.</i>									■								■
<i>Striatoabieites sp.</i>									■								
<i>Striatopodocarpites pantii</i>									■								
<i>Striatopodocarpites rarus</i>				■								■					
<i>Striatopodocarpites sp.</i>												■					
<i>Uvaesporites sp.</i>										■							
<i>Variapollenites curvuplicatus</i>				■				■	■	■			■	■			
<i>Variapollenites rhombicus</i>		■	■	■	■	■		■	■	■			■				
<i>Variapollenites trisulcus</i>				■	■	■		■	■		■	■		■			
<i>Vitreisporites pallidus</i>									■								
<i>Botryococcus sp.</i>				■	■			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Plaesiodyction mosellanum ssp. perforatum(?)</i>					■												
<i>Plaesiodyction mosellanum ssp. variabile(?)</i>				?	■												

Fig. 3. Distribución estratigráfica de los palinomorfos en los niveles estudiados, ? indica registros dudosos.

estar presente y aún ser relativamente abundante en medios eutróficos (Zalocar de Domitrovic *et al.*, 1998; Jankovská & Komárek, 2000; van Geel, 2001); sin embargo, *Botryococcus* parecería darse preferentemente en cuerpos de agua oligotróficos (Ottone *et al.*, 2005), y de hecho, su disminución y eventual desaparición es usada como índice de eutrofización (Blomqvist *et al.*, 2001; Smittenberg *et al.*, 2003), en tanto que su incremento, como signo de oligotrofización (Wake & Hillel, 1980; UNEP, 2000; Huszar *et al.*, 2003; Khursevich *et al.*, 2003; Chmura *et al.*, 2006; Riera *et al.*, 2006), llegando a ser dominante en ambientes extremos, oligotróficos o hasta eventualmente distróficos, donde otras algas Chlorococcales no pueden prosperar (Jankovská & Komárek, 2000). *Plaesiodyctyon* Wille 1970, en cambio, por comparación con *Pediastrum* Meyen 1829, podría darse tanto en medios eutróficos como oligotróficos (Komárek & Jankovská, 2001; Ottone *et al.*, 2005). Resulta entonces de especial interés observar la distribución de estas formas a lo largo de los trece ciclos de sedimentación determinados en el perfil (Figs. 2, 4), en relación a la posible evolución del estado trófico del medio, en tanto que otros factores que comunmente afectan la distribución de las Chlorococcales tales como temperatura, radiación solar y precipitaciones parecerían mantenerse en general constantes. En los tres ciclos basales no se han observado Chlorococcales; en estos ciclos, correspondientes a los primeros estadios de la Formación Los Rastros, el crecimiento de las Chlorococcales se habría visto probablemente dificultado debido al alto aporte clástico recibido. El Ciclo 4 incluye, principalmente hacia su base, *Plaesiodyctyon* y *Botryococcus*. *Plaesiodyctyon* es escaso, está mal preservado y sus cenobios no muestran mecanismos de dehiscencia (Figs. 5C, 5E), en tanto que *Botryococcus* aparece con muy escasas colonias globulares simples amorfizadas. La presencia y características estructurales de estos tipos morfológicos se los relacionaría con un ambiente lacustre, tal vez moderadamente eutrófico y de bajo contenido en O₂. El aporte clástico sería aún importante aunque menor que en los ciclos iniciales. La eutrofización incipiente del medio, sugerida por la presencia de cenobios de *Plaesiodyctyon* y un bajo porcentaje de *Botryococcus*, podría relacionarse con la disponibilidad de minerales y bases inicialmente aportadas a la cuenca durante el *rifting* que, ante la merma en el aporte clástico, habría posibilitado la incipiente floración de estas Chlorococcales. En los Ciclos 5 a 10 continúa el bajo porcentaje de O₂ en el medio, observándose la presencia saltuaria de colonias amorfizadas de *Botryococcus*

tanto en facies lacustres profundas como en facies de pie de delta. Hacia el tope del Ciclo 11, en facies lacustres francamente someras, el contenido de *Botryococcus* alcanza ca. 10% del total de la asociación microflorística, con presencia de colonias botroidales estructuradas que sugerirían un medio lacustre probablemente oligotrófico, relativamente estable y más oxigenado (Figs. 5B, 5F). Los niveles de plataforma deltaica del Ciclo 12 incluyen abundantes colonias botroidales y ramificadas de *Botryococcus*, con esqueleto y base de las copas frecuentemente preservadas (ca. 15% del total de la asociación microflorística), indicando la persistencia de un medio probablemente oligotrófico, relativamente oxigenado, pero con parámetros climáticos o ambientales algo más variables. El ciclo cuspidal corresponde a un ambiente de plataforma deltaica y sólo incluye colonias de *Botryococcus* mal preservadas y probablemente recicladas.

Palinología sistemática

Se describe solamente una nueva especie, *Platysaccus rhombicus* Ottone *sp. nov.* Los términos usados para la medición de estos granos de polen son los del esquema de Erdtman (1954, 1957).

Platysaccus Naumova ex Potonié & Klaus 1954

Especie Tipo. *Platysaccus papilionis* Potonié & Klaus 1954

Platysaccus rhombicus Ottone *sp. nov.*
(Figs. 6A-D)

Holotipo. BAF-C-PI 1866(1) E22/0. Fig. 6A.

Localidad Tipo. Quebrada de Ischigualasto, provincia de San Juan.

Estrato Tipo. Formación Los Rastros, Grupo Agua de la Peña.

Derivación del nombre. Referido a la forma del cuerpo (etimología: Latín, adj., *rhombicus*, rómbico).

Descripción. Granos de polen bisacados diploxilonoides. Cuerpo rómbico en vista polar, elongado según el eje mayor del grano. Relación ancho/profundidad del cuerpo: 1,1(1,25)1,3. Cappa rómbica a suboval, lisa (no estructurada). La ectexina se separa de la endexina tanto en el ecuador como en la cáppula, constituyendo, en vista polar, dos sacos subcirculares. Los sacos exhiben lúminas radiales (ectexina alveolar). Cáppula delgada, estrecha, de aproximadamente un décimo del ancho del cuerpo, subrectangular a sublenticular-*Bisaccate pollen grains, amb diploxylonoid.* In polar view corpus rhombic, elongated along the major grain axis. Corpus

MUESTRAS	CICLOS	CHLOROCOCCALES	FIG.	PALEOECOLOGÍA
1869	13	<i>Botryococcus</i> escaso, colonias amorfizadas.		Ambiente de plataforma deltaica . Colonias probablemente recicladas .
1868	12	<i>Botryococcus</i> abundante (ca. 15% del total), colonias botroidales y ramificadas de ca. 100-125 µm. Esqueleto y base de las copas preservado .	4A, 4G	Los niveles muestreados corresponden a depósitos de plataforma deltaica. Ambiente probablemente oligotrófico y relativamente oxigenado. La presencia de colonias ramificadas de <i>Botryococcus</i> indicaría probables variaciones en los parámetros climáticos o ambientales .
1867 1866	11	<i>Botryococcus</i> con colonias botroidales, moderadamente ramificadas, parcialmente amorfizadas, con esqueleto y base de las copas a veces preservado, de ca. 50-90 µm. Colonias comunes en el nivel 1867 (5-10%), más escasas en el 1866 (ca. 5% del total) .	4F, 4B	Los niveles muestreados representarían un medio lacustre probablemente oligotrófico, relativamente estable y oxigenado, en particular el nivel 1867 representaría un ambiente lacustre más somero que el 1866.
1865 1864	10	<i>Botryococcus</i> escaso (menos de 5% del total), comunmente amorfo, con copas a veces preservadas, de ca. 40-70 µm.		Los niveles muestreados corresponderían a un medio lacustre abierto, profundo y estratificado. La presencia de escasas colonias de <i>Botryococcus</i> , en general amorfizadas, indicaría un ambiente con bajo contenido de oxígeno, probablemente por el alto consumo generado en la zona fótica de la columna de agua.
1863 1862	9	<i>Botryococcus</i> relativamente escaso (ca. 5% del total), aparece en general como pequeñas colonias globulares simples de 30-50 µm, amorfizadas, ocasionalmente con algo de estructura preservada.		
1861	8	<i>Botryococcus</i> muy escaso (menos 1% del total), colonias globosas simples, amorfizadas.		Estos niveles muestran presencia saltuaria y muy escasa de <i>Botryococcus</i> : Facies deltaicas, de pie de delta. El aporte clástico sería aún importante y episódico .
	7	No muestreado.		
1860	6	<i>Botryococcus</i> muy escaso (menos 1% del total), colonias globosas simples, amorfizadas, de ca. 50 µm.		
1859 1858	5	No se han observado Chlorococcales.		
1857 1856	4	<i>Plaesiodyctyon</i> escaso (1-5 % del total), en general mal preservado, sin mecanismos de dehiscencia visibles . <i>Botryococcus</i> muy escaso (menos 1% del total), colonias globulares simples, amorfizadas .	4C, 4E	Los niveles muestreados incluyen escasas Chlorococcales con dominio de <i>Plaesiodyctyon</i> sobre <i>Botryococcus</i> . Ambiente lacustre, probablemente eutrófico, con bajo contenido de oxígeno. El aporte clástico sería aún importante .
	3	No muestreado.		Los niveles muestreados corresponden a un ambiente lacustre . En estos primeros ciclos de deposición lacustre representan las primeras etapas del <i>rifting</i> , y la falta de Chlorococcales podría deberse al alto aporte clástico recibido en la cuenca durante este período.
1855	2	No se han observado Chlorococcales		
1854	1			

Fig. 4. Morfología e interpretación paleoambiental de las colonias de Chlorococcales, según Guy-Olson (1992), Guy-Olson & Lindström (1994), Tyson (1995), Batten & Grenfell (1996), Guy-Olson (1998), Rodríguez Amenábar & Ottone (2002, 2003) y Ottone *et al.* (2005).

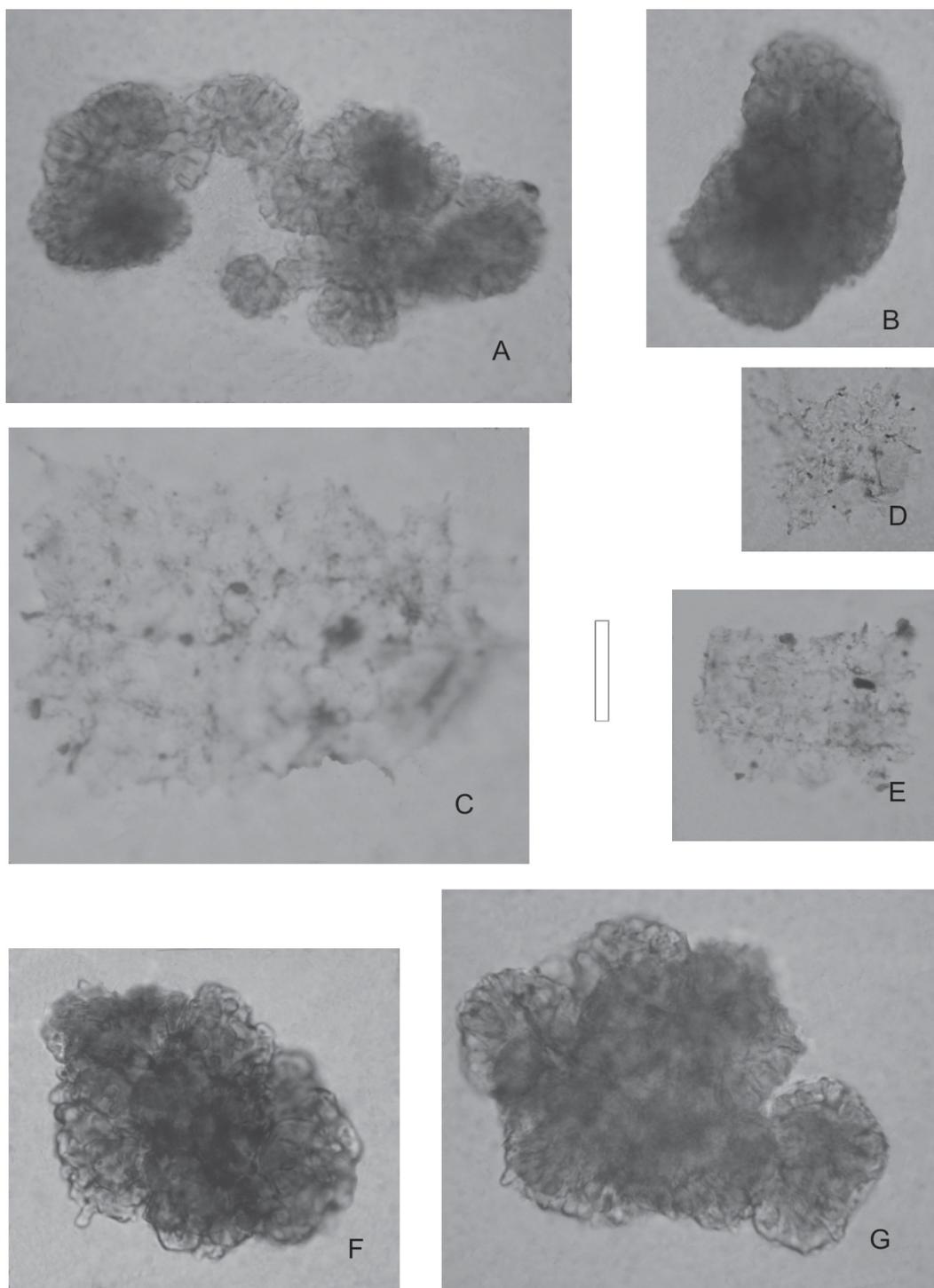


Fig. 5. A-B, F-G, *Botryococcus* sp. A, BAFC-PI 1868(2) B34/0, colonia compuesta con ramas. B, BAFC-PI 1866(2) B42/1, masa amorfa. F, BAFC-PI 1867(2) C27/2, colonia compuesta, con copas parcialmente fusionadas en una masa amorfa. G, BAFC-PI 1868(1) H21/2, colonia botroidal compuesta. C, *Plaesiodyctyon mosellanum* ssp. *variabile*(?) Brenner & Foster 1994 BAFC-PI 1857(1) Q26/1. D, *Plaesiodyctyon mosellanum* ssp. *variabile*(?) Brenner & Foster 1994 BAFC-PI 1856(1) K32/1. E, *Plaesiodyctyon mosellanum* ssp. *perforatum*(?) Wille 1970 BAFC-PI 1857(1) F54/2. Escala gráfica = 20 μ m.

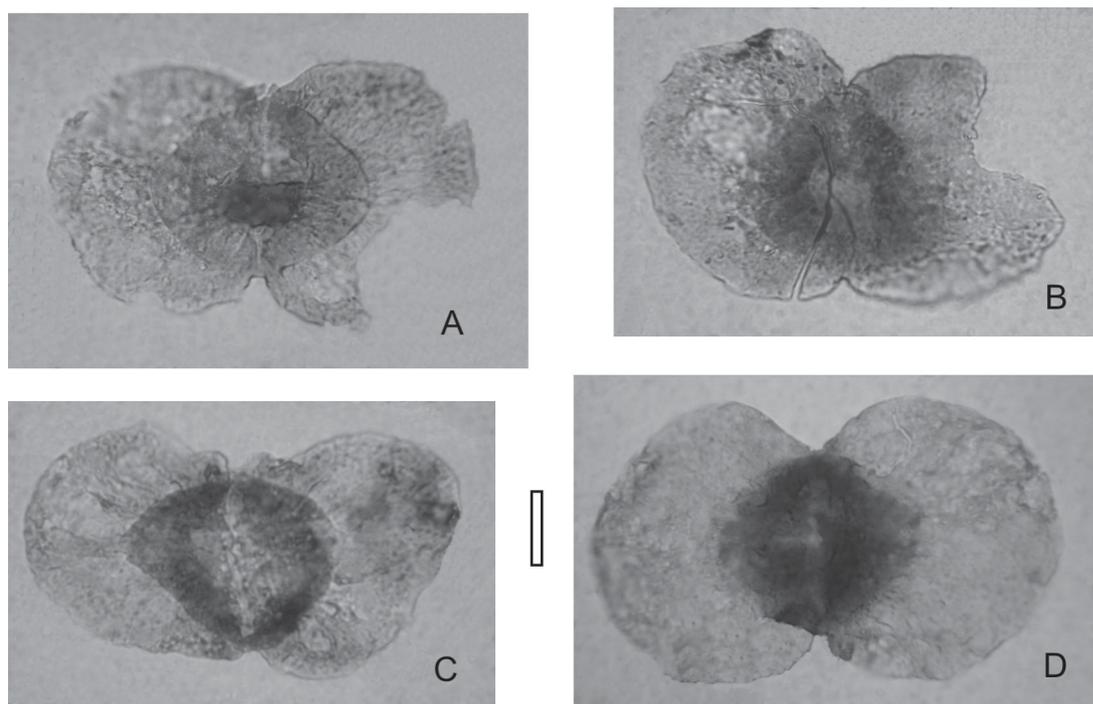


Fig. 6. A-D, *Platysaccus rhombicus* Ottone n. sp., A, holotipo BAFC-PI 1866(1) E22/0; B, BAFC-PI 1866(4) V28/0; C, BAFC-PI 1856(1) Z54/3; D, BAFC-PI 1856(1) P35/4. Escala gráfica = 20 μ m.

breadth/corpus depth ratio: 1.1(1.25)1.3. Cappa suboval to almost rhombic, smooth (unstructured). The ektexine is detached from the endexine at equator and cappula, constituting two sacci, subcircular in equatorial view. Sacci exhibit radial lumina (alveolar ektexine). Cappula thin, narrow, about one tenth of the corpus breadth, subrectangular to sublenticular.

Dimensiones (15 especímenes). Ancho total, 95(105)116 μ m; ancho de los sacos, 42(50)57 μ m; ancho del cuerpo, 45(50)52 μ m; profundidad del cuerpo, 35(40)44 μ m.

Comparaciones. *Platysaccus papilionis* Potonié & Klaus 1954 presenta un cuerpo central subcircular, con una relación ancho/profundidad del cuerpo ca. 1. *P. queenslandi* de Jersey 1962 tiene un cuerpo central suboval, con una relación ancho/profundidad del cuerpo ca. 1,2, y un desarrollo mayor de la cáppula. *P. olivae* Ottone en Ottone *et al.* (1992) se caracteriza por su cuerpo marcadamente oval (relación ancho/profundidad del cuerpo 1,4(1,6)2), con buen desarrollo de la cáppula.

CONCLUSIONES

La distribución de las Chlorococcales *Botryococcus* y *Plaesiodyctyon* en los niveles deltaicos y

lacustres del Parque Provincial Ischigualasto indicaría la presencia de una primera e incipiente floración hacia la base del Ciclo 4 (Figs. 2, 4), en un medio que tal vez habría sido moderadamente eutrófico y con poco O₂. El cuerpo de agua habría ido paulatinamente variando su carácter en la medida en que el lago se habría ido estabilizando, hasta transformarse en un medio probablemente oligotrófico, relativamente oxigenado y con tendencia a la somerización hacia los Ciclos 11 y 12.

Esta tendencia aparente a la oligotrofización observada en los niveles deltaicos y lacustres de la Formación Los Rastros pudo del mismo modo constatarse en la sección del Río Gualo, sita unos 40 km al NNE del Parque Provincial Ischigualasto (Ottone *et al.*, 2005). El perfil del Río Gualo muestra también una incipiente floración de *Plaesiodyctyon* y *Botryococcus* en la base de la unidad, con el subsecuente decrecimiento porcentual y posterior desaparición de *Plaesiodyctyon*, y el franco dominio, entre las Chlorococcales, de *Botryococcus* hacia la parte media y el tope de la sección; *Botryococcus* presenta una única floración importante en la que llega a alcanzar ca. 99% del contenido palinológico total. El registro de las Chlorococcales, a diferencia de lo observado para el perfil del Parque Provincial Ischigualasto,

se da en la sección del Río Gualo desde la base de la Formación Los Rastros. Esta situación podría eventualmente relacionarse con el mayor aporte clástico recibido, durante las primeras etapas del relleno, en el margen suroeste de la cuenca, desde el borde activo del hemigraben de Ischigualato-Villa Unión (Spalletti, 2001); la sección del Río Gualo, relacionada con el borde pasivo del hemigraben, habría evolucionado en un medio, si bien químicamente semejante, más estable, permitiendo entonces el desarrollo de las Chlorococcales desde el principio de la sedimentación.

De lo observado entonces en las secciones del Parque Provincial Ischigualasto y del Río Gualo podría inferirse la presencia de un cuerpo de agua que en principio habría sido moderadamente eutrófico, y que luego se habría ido oligotrofizando con el paso del tiempo. El carácter moderadamente eutrófico de la parte sureste de la Cuenca de Ischigualasto-Villa Unión durante el inicio de la depositación de la Formación Los Rastros, se relacionaría básicamente con el tipo de rocas que enmarcan el hemigraben; en cuencas alojadas en rocas silicoclásticas, las aguas superficiales suelen ser poco mineralizadas y pobres en calcio, por lo que el medio no posee mecanismos naturales de eliminación de los nutrientes (Stumm & Morgan, 1996), y la cuenca tiende por lo tanto a ser eutrófica. El contenido de fósforo en la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión, sin embargo, aún en estos niveles que denotan un cierto carácter eutrófico, nunca habría sido demasiado elevado durante la depositación de la Formación los Rastros, ya que, salvo excepciones, no hay floraciones importantes en el fitoplancton, ni tampoco se registran restos óseos (Ottone *et al.*, 2005). El desarrollo de las Chlorococcales habría provocado entonces, con el tiempo, el consumo de los nutrientes inicialmente disponibles y la subsecuente oligotrofización del medio. Estudios químicos sustentarán en mayor o menor medida esta hipótesis.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a G.D. Holfeltz por el procesamiento palinológico de las muestras. Al CONICET, al CRICYT y a la UBA por las facilidades brindadas. El presente trabajo fue parcialmente financiado por el CONICET (PIP 5120).

BIBLIOGRAFIA

Batten, D. J. & H. R. Grenfell. 1996. Chapter 7D. *Botryococcus*. En: J. Jansonius y D. C. McGregor (ed.), *Palynology: principles and applications*,

American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1: 205-214.

Blomqvist, P., M. Jansson, S. Drakare, A. K. Bergström & L. Brydsten. 2001. Effects of additions of DOC on pelagic biota in a clearwater system: Results from a whole lake experiment in northern Sweden. *Microbial Ecology* 42: 383-394.

Brenner, W. & C. B. Foster. 1994. Chlorophycean algae from the Triassic of Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology* 80: 209-234.

Caselli, A. T. 1998. *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones Patquia (Pérmico) y Talampaya (Triásico inferior) en las Sierras Pampeanas Noroccidentales y Precordillera Central (provincias de La Rioja y San Juan)*. Tesis Doctoral (inérita) Universidad de Buenos Aires, 437p.

Caselli, A. T., C. A. Marsicano & A. B. Arcucci. 2001. Sedimentología y paleontología de la Formación Los Colorados, Triásico superior (provincias de La Rioja y San Juan, Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56: 173-188.

Chmura, G. L., P. A. Stone & M. S. Ross. 2006. Non-pollen microfossils in Everglades sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 141: 103-119.

Contreras, V. H., A. Bracco & W. Sill. 1997. Primer registro de restos de tetrápodos en la Formación Los Rastros (Triásico Medio), Parque Provincial Ischigualasto, San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 34: 534.

De Jersey, N. J. 1962. Triassic spores and pollen grains from the Ipswich Coalfield. *Geological Survey of Queensland, Publication* 307: 1-18.

Erdtman, G. 1954. Pollen morphology and plant taxonomy. *Grana Palynologica* 1: 65-81.

- 1957. *Pollen and spore morphology/ Plant taxonomy- Gymnospermae, Pteridophyta, Briophyta (Illustrations)*. (An introduction to palynology. II). Almquist & Wiskell, Stockholm, 151 p.

Farquharson, G. W. 1982. Lacustrine deltas in a Mesozoic alluvial sequence from Camp Hill, Antarctica. *Sedimentology* 29: 717- 725.

Gallego, O. F. 1992. Conchóstracos triásicos de Mendoza y San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 29: 159-175.

Guy-Ohlson, D. 1992. *Botryococcus* as an aid in the interpretation of paleoenvironment and depositional processes. *Review of Palaeobotany and Palynology* 71: 1-15.

- 1998. The use of the microalga *Botryococcus* in the interpretation of lacustrine environments at the Jurassic- Cretaceous transition in Sweden. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 140: 347-356.

Guy-Ohlson, D. & S. Lindström. 1994. Palaeoecology of the Early Permian strata at Heimefrontfjella, Dronning Maud Land, Antarctica. *Antarctic Science* 6: 507-519.

Heim, A. 1949. Estudio geológico del carbón «retico» y del valle de la Peña (provincias de San Juan y La Rioja). *Ministerio de Industria y Comercio de la Nación, Boletín* 69: 5-43.

Huszar, V., C. Kruk & N. Caraco. 2003. Steady-state assemblages of phytoplankton in four temperate lakes (NE U.S.A.). *Hydrobiologia* 502(1-3): 97-109.

Hutchinson, G. E. 1957. *A treatise on limnology. Volume*

- II Introduction to lake biology and the limnoplankton. John Wiley & Sons, New York, 1115 p.
- Jankovská, V. & J. Komárek. 2000. Indicative value of *Pediastrum* and other coccal green algae in palaeoecology. *Folia Geobotanica* 35: 59-82.
- Khursevich, G. K., I. A. Pidek & S. A. Fedenya. 2003. Environment changes in a fossil lake at Brus (Lublin Polesie-S Poland) based on palaeoecological data. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio B*, 58(4): 107-120.
- Kokogian, D. A., L. A. Spalletti, E. M. Morel, A. E. Artabe, R. N. Martínez, O. A. Alcober, J. P. Milana & A. M. Zavattieri. 2001. Estratigrafía del Triásico argentino. En: A. E. Artabe, E. M. Morel y A. B. Zamuner (eds.), *El Sistema Triásico en la Argentina*. Fundación Museo de La Plata «Francisco Pascasio Moreno», La Plata, pp. 23-54.
- Komárek, J. & V. Janovská. 2001. Review of the green algal genus *Pediastrum*; implications for pollen-analytical research. *Bibliotheca Phycologica*, Band 108, 127 pp.
- Kützing, F. T. 1849. *Species algarum*. Brockhaus, Leipzig, 922 pp.
- Mancuso, A. C. 2003. Continental fish taphonomy: a case study in the Triassic of Argentina. *Journal of South American of Earth Science* 16: 275-286.
- 2005a. *Tafonomía en ambientes lacustres: estudio integral de las asociaciones fósiles de las secuencias lacustres del Triásico Medio de la Cuenca de Ischigualasto-Villa Unión (formaciones Chañares, Los Rastros e Ischichuca)*. Tesis Doctoral (inédita) Universidad de Buenos Aires, 208 pp.
- 2005b. Revisión y aportes a la estratigrafía de la sección inferior del Grupo Agua de la Peña (Triásico Medio, Argentina). *Actas XVI Congreso Geológico Argentino* 3: 415-422.
- Marsicano, C. A., A. Arcucci, A. C. Mancuso & A. Caselli. 2004. Early-Middle Triassic tetrapod footprints of southern South America: a phylogenetic approach. *Ameghiniana* 41: 171-184.
- Martins-Neto, R. G., A. C. Mancuso & O. F. Gallego. 2005. The Triassic insect fauna from Argentina. Blattoptera from the Los Rastros Formation (Bermejo Basin), La Rioja province. *Ameghiniana* 42: 705-723.
- Martins-Neto, R. G., O. F. Gallego & A. C. Mancuso. 2006. The Triassic insect fauna from Argentina. Coleoptera from the Los Rastros Formation (Bermejo Basin), La Rioja province. *Ameghiniana* 43: 591-609.
- Medeanic, S. 2006. Freshwater algal palynomorph records from Holocene deposits in the coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil, *Review of Palaeobotany and Palynology* 141: 83-101.
- Melchor, R. N. 2004. Trace fossil distribution in lacustrine deltas: example from the Triassic rift lake of the Ischigualasto-Villa Unión basin, Argentina. En: D. McIlroy (ed.), *The application of ichnology to palaeoenvironmental and stratigraphic analysis*, Geological Society, London, Special Publications, 228: 335-354.
- Melchor, R. N. & S. de Valais. 2006. A review of Triassic tetrapod track assemblages from Argentina. *Palaeontology* 49: 355-379.
- Meyen, F. J. F. 1829. Beobachtungen über einige niedrige Algenformen. *Nova Acta Leopoldina-Carolina Norimbergae* 14: 768-778.
- Milana, J. P. 1999. Anatomía de parasecuencias en un lago de rift y su relación con la generación de hidrocarburos, cuenca triásica de Ischigualasto, San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53: 365-387.
- Milana, J. P. & O. Alcober. 1995. Modelo tectosedimentario de la cuenca triásica de Ischigualasto (San Juan, Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 49: 217-235.
- Morel, E. M., A. E. Artabe, A. M. Zavattieri & J. F. Bonaparte. 2001. Cronología del Sistema Triásico. En: A. E. Artabe, E. M. Morel y A. B. Zamuner (eds.), *El Sistema Triásico en la Argentina*. Fundación Museo de La Plata «Francisco Pascasio Moreno», La Plata, pp. 227-253.
- Ottone, E. G., P. P. Alvarez & S. V. Benoit. 1992. Late Triassic plant microfossils from the Rancho de Lata Formation, Main Cordillera, Argentina. *Micropaleontology* 38: 261-278.
- Ottone, E. G., A. C. Mancuso & M. Resano. 2005. Miospores and chlorococcalean algae from the Los Rastros Formation, Middle to Upper Triassic of central-western Argentina. *Ameghiniana* 42: 347-362.
- Potonié, R. & W. Klaus. 1954. Einige Sporengattungen des alpinen Salzgebirges. *Geologisches Jahrbuch* 68: 517-546.
- Riera, S., J. A. López-Sáez & R. Juliá. 2006. Lake responses to historical land use changes in northern Spain: The contribution of non-pollen palynomorphs in a multiproxy study. *Review of Palaeobotany and Palynology* 141: 127-137.
- Rodríguez Amenábar, C. & E. G. Ottone. 2002. *Botryococcus* como indicador paleoambiental en el Triásico de Argentina. *Actas XV Congreso Geológico Argentino* 1: 493-494.
- 2003. La aplicación de *Botryococcus* (Chlorococcales) como indicador paleoambiental en el Triásico de Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 35(2): 25-35.
- Rogers, R. R., A. B. Arcucci, F. Abdala, P. C. Sereno, C. A. Forster & C. L. May. 2001. Paleoenvironment and taphonomy of the Chañares Formation tetrapod assemblage (Middle Triassic), north-western Argentina: spectacular preservation in volcanogenic concretions. *Palaios* 16: 461-481.
- Rogers, R., C. Swischer III, P. Sereno, A. Monetta, C. Forster & R. Martínez. 1993. The Ischigualasto tetrapod assemblage (Late Triassic, Argentina) and K/40 Ar/39 dating of dinosaur origins. *Science* 260: 794-797.
- Smittenberg, R. H., M. Baas, S. Schouten & J. S. Sinninghe Damsté. 2003. The demise of the alga *Botryococcus braunii* from a Norwegian fjord is due to early eutrophication. En: H. Smittenberg (ed.), *Holocene environmental changes disclosed from anoxic fjord sediments by biomarkers and their radiocarbon content*. Proefschrift Universiteit Utrecht, Utrecht, pp. 115-126.
- Spalletti, L. A. 2001. Evolución de las cuencas sedimentarias. En: A. E. Artabe, E. M. Morel y A. B.

- Zamuner (eds.). *El Sistema Triásico en la Argentina*. Fundación Museo de La Plata «Francisco Pascasio Moreno», La Plata, pp. 81-101.
- Stipanovic, P. N. 2002. Introducción. En: P. N. Stipanovic y C. A. Marsicano (ed.), *Léxico Estratigráfico de la Argentina. Volumen VIII. Triásico*. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, Serie «B'' (Didáctica y Complementaria) 26: 1-24.
- Stumm, W. & J. J. Morgan. 1996. *Aquatic chemistry. Chemical equilibria and rates in natural waters*. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1022 pp.
- Talbot, M. R. & P. A. Allen. 1996. Lakes. En: H. G. Reading (ed.), *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, Blackwell Science, Oxford, pp. 5-36.
- Uliana, M. A. & K. Biddle. 1988. Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. *Revista Brasileira de Geociências* 18: 172-190.
- UNEP 2000. *Planning and management of lakes and reservoirs: an integrated approach to eutrophication*. United Nations Environment Programme, Newsletter and Technical Publications 11, 67 pp.
- van Geel, B. 2001. Non-pollen palynomorphs. En: J. P. Smol, H. J. B. Birks & W. M. Last (eds.), *Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3: Terrestrial, algal and siliceous indicators*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 99-119.
- Wake, L. V. & L. W. Hillem. 1980. Study of a "bloom" of the oil-rich alga *Botryococcus braunii* in the Darwin River Reservoir. *Biotechnology and Bioengineering* 22: 1637-1636.
- Wille, W. 1970. *Plaesiodictyon mosellanum* n.g., n.sp., eine mehrzellige Grünalge aus dem Unteren Keuper von Luxembourg. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte* 1970.5: 283-310.
- Zalocar de Domitrovic, Y., V. M. Asselborn & S. L. Casco. 1998. Variaciones espaciales y temporales del fitoplancton en un lago subtropical de Argentina. *Revista Brasileira de Biología* 58: 359-382.
- Zamuner, A. B., A. M. Zavattieri, A. E. Artabe & E. M. Morel. 2001. Paleobotánica. En: A. E. Artabe, E. M. Morel y A. B. Zamuner (eds.). *El Sistema Triásico en la Argentina*. Fundación Museo de La Plata «Francisco Pascasio Moreno», La Plata, pp. 143-184.
- Zavattieri, A. M. 2002. Anexo 4. Microfloras. En: P. N. Stipanovic y C. A. Marsicano (ed.), *Léxico Estratigráfico de la Argentina. Volumen VIII. Triásico*. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, Serie «B'' (Didáctica y Complementaria) 26: 318-321.
- Zavattieri, A. M. & D. J. Batten. 1996. Miospores from Argentinian Triassic deposits and their potential for intercontinental correlation. En: J. Jansonius y D. C. McGregor (eds.). *Palynology: principles and applications*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 2: 767-778.
- Zavattieri, A. M. & R. N. Melchor. 1999. Estudio palinológico preliminar de la Formación Ischichuca (Triásico), en su localidad tipo (quebrada de Ischichuca Chica), provincia de La Rioja, Argentina. *Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial* 6: 33-38.

Recibido: 27-VII-2006

Aceptado: 24-X-2006