



Algas no silíceas y acritarcos de depósitos costeros holocenos en el arroyo La Ballenera, Buenos Aires, Argentina

C. Marcela BOREL¹

Abstract. NON SILICEOUS ALGAE AND ACRTARCHS FROM THE HOLOCENE COASTAL DEPOSITS AT THE LA BALLENERA CREEK, BUENOS AIRES, ARGENTINA. The palynological analysis of the Holocene sequence that crops out at arroyo La Ballenera (38° 19' S; 57° 57' W), southeastern littoral of Buenos Aires province, allows the establishment of three zones (LB-1, LB-2, LB-3) and two subzones (LB-3a and b). This analysis is based on non-pollen aquatic palynomorphs: algae (Chlorophyta, Cyanophyta and Dinoflagellata), invertebrate remains and acritarchs. The chlorophycean algae consist of colonies of *Botryococcus braunii* Kützing, zygospores of Zygnemataceae (*Mougeotia* sp., *Spirogyra* sp. 1 and *Spirogyra* sp. 2) and phycomas of Prasinophyceae. Cyanophycean sheets of *Gloeotrichia* sp. are rare. The assemblages also contain non-marine dinoflagellate cysts of affinity with a peridinioid genus. The acritarchs are represented by *Cobricosphaeridium* spp. (probably copepod or anostracod eggs), *Micrhystridium* sp. and other species defined under an open nomenclature. Between 6,790 - 6,300 ¹⁴C yr. B.P., these palynomorphs show the beginning of marine influence in the site and reveal a marsh environment in close relation with shallow freshwater habitats. Between 6,300 ¹⁴C - ca. 5,600 ¹⁴C yr. B.P. the presence of dinocysts of Peridinioideae, *Gloeotrichia* and *Botryococcus* indicate the development of a marginal brackish water body, oligotrophic to mesotrophic, of low energy, with a considerable freshwater influence. From 5,600 ¹⁴C yr. B.P. to 4,700 ¹⁴C yr. B.P. the algae and acritarchs reflect an increase of salinity, related with a major marine influence. After ca. 4,700 ¹⁴C yr. B.P. *Cobricosphaeridium* is present along with *Botryococcus* and other acritarchs, indicating a coastal, unstable water body of lower salinity than the aforementioned zone.

Resumen. El análisis palinológico de una secuencia holocena aflorante en el arroyo La Ballenera (38° 19' S; 57° 57' O), litoral del sudeste bonaerense, permitió establecer tres zonas (LB-1, LB-2, LB-3) y dos subzonas (LB-3a y b). Este análisis está basado en los palinomorfos acuáticos no polínicos: algas (Chlorophyta, Cyanophyta y Dinoflagellata), remanentes de invertebrados y acritarcos. Las algas clorofíceas consisten en colonias de *Botryococcus braunii* Kützing, cigósporas de Zygnemataceae (*Mougeotia* sp., *Spirogyra* sp. 1, *Spirogyra* sp. 2) y ficomas de Prasinophyceae. Entre las Cyanophyta se reconocieron vainas de *Gloeotrichia* sp. Las asociaciones también contienen quistes de dinoflagelados no marinos con afinidad a un género peridiniideo. Los acritarcos están representados por *Cobricosphaeridium* spp. (posibles huevos de resistencia de copépodos o anostracos), *Micrhystridium* sp. y otros acritarcos definidos bajo una nomenclatura abierta. Entre 6.790 y 6.300 ¹⁴C años A.P., estos palinomorfos muestran el comienzo de la influencia marina en el sitio y revelan un ambiente de marisma en estrecha relación con hábitats someros de agua dulce. Entre 6.300 ¹⁴C y ca. 5.600 ¹⁴C años A.P. la presencia de dinoquistes de Peridinioideae, *Gloeotrichia* y *Botryococcus*, indica el desarrollo de un cuerpo de agua marginal salobre, oligotrófico a mesotrófico, de baja energía, con importante influencia de agua dulce. Desde 5.600 ¹⁴C años A.P. y hasta 4.700 ¹⁴C años A.P. las algas y acritarcos reflejan un aumento de salinidad, en relación con una mayor influencia marina. Después de ca. 4.700 ¹⁴C años A.P. se presenta *Cobricosphaeridium*, junto con *Botryococcus* y otros acritarcos sugiriendo la presencia de un cuerpo de agua costero inestable, con menor salinidad que la zona previa.

Key words. Palynology. Algae. Acritarchs. Holocene. Buenos Aires. Argentina.

Palabras clave. Palinología. Algas. Acritarcos. Holoceno. Buenos Aires. Argentina.

Introducción

En este trabajo se presentan los resultados del estudio de los remanentes de algas no silíceas (incluyendo cigósporas, vainas, colonias y quistes), huevos de invertebrados y acritarcos para depósitos del

Holoceno del litoral sudeste de la provincia de Buenos Aires. La sección estudiada, de 135 cm de espesor, pertenece a un perfil expuesto sobre la margen izquierda del arroyo La Ballenera, a 300 m de su desembocadura en el mar (figura 1). Este arroyo está ubicado en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, tiene una longitud de 30 km y una orientación norte-sur, desemboca en el Océano Atlántico y no presenta incursiones de las mareas (Espinosa *et al.*, 2003). El clima es subhúmedo - húmedo con poca o nula deficiencia de agua y mesotermal con concentración de la eficacia térmica en verano (Burgos y

¹Instituto Argentino de Oceanografía, Complejo CRIBABB. Camino La Carrindanga 7,5 km, CC 804, 8000 Bahía Blanca, Argentina. Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur. San Juan 670, 8000 Bahía Blanca, Argentina. maborel@criba.edu.ar.

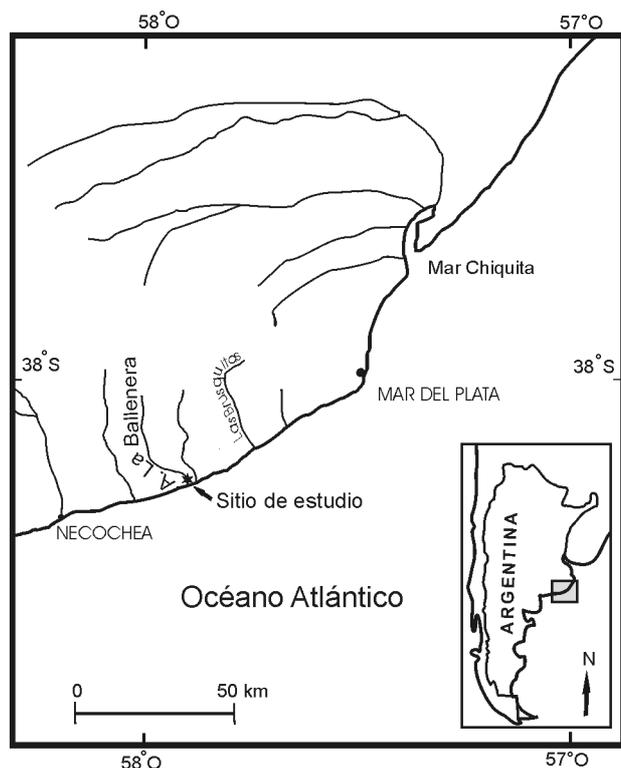


Figura 1. Mapa de ubicación / location map.

Vidal, 1951). La media anual de precipitación es de 912,5 mm y la media anual de temperatura es 13,7 °C (Servicio Meteorológico Nacional, Estación Mar del Plata aero, período 1951-1980). La vegetación del área corresponde al pastizal pampeano que se halla modificado por la actividad antrópica (Stutz, 2000).

La secuencia analizada está formada por sedimentos arcillo-arenosos y arcillo-limosos con niveles de conchilla y se apoya sobre un horizonte limo-arcilloso negro, cuyo tope está datado en 6.790 ± 90 ^{14}C años A.P. En su parte superior la sección analizada está datada en 4.120 ± 60 ^{14}C años A.P. y es sepultada por un depósito eólico de arena fina de unos 45 cm de espesor (Stutz, 2000; Espinosa *et al.*, 2003). Esta sección fue interpretada como la colmatación relativamente rápida de un estuario somero, durante la transgresión postglacial (Isla y Espinosa, 1998). La secuencia estuárica fue cubierta por médanos litorales pertenecientes a la Barrera Medanosa Austral de la provincia de Buenos Aires (Isla *et al.*, 2001). A partir del análisis del polen y otros palinomorfos, Stutz *et al.* (1999) y Stutz (2000) interpretaron los cambios de las comunidades vegetales en relación con las variaciones del nivel del mar. El estudio integrado de polen y diatomeas (Stutz *et al.*, 2002) y de diatomeas, moluscos y sedimentos (Espinosa *et al.*, 2003), permitió distinguir cuatro intervalos en la evolución ambiental del arroyo durante el último ciclo transgresivo-regresivo.

AMEGHINIANA 44 (2), 2007

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas del perfil arroyo La Ballenera (de Stutz *et al.*, 1999) / radiocarbon dates of the La Ballenera Creek profile (from Stutz *et al.*, 1999).

Profundidad (cm)	Laboratorio N° (LATYR)	Edad ^{14}C (años A.P.) convencional	Material datado
45 - 55	LP-743	4.120 ± 60	Conchillas de <i>Heleobia</i> sp.
129 - 135	LP-729	6.120 ± 80	Conchillas de <i>Heleobia</i> spp.
175 - 185	LP- 811	6.790 ± 90	Materia orgánica

En este estudio se analiza la distribución cualitativa y cuantitativa de acritarcos y remanentes de algas, destacándose la importancia de estos palinomorfos acuáticos no polínicos para reconstruir las condiciones paleoambientales entre los 6.790 y 4.120 ^{14}C años A.P. Estas interpretaciones se discuten en relación con las reconstrucciones previas realizadas para este sitio, sobre la base de otros *proxies* (polen, diatomeas y gastrópodos) y se comparan con otros registros palinológicos, que incluyen palinomorfos no polínicos, del sud-sudeste de la provincia de Buenos Aires.

Materiales y métodos

Las muestras de sedimento, fueron obtenidas a intervalos de 2 a 5 cm y la extracción fisicoquímica de los palinomorfos se realizó en el Laboratorio de Paleoecología y Palinología de la Universidad de Mar del Plata, empleando técnicas estándar (Gray, 1965; Faegri e Iversen, 1989). No se realizó acetólisis ni se emplearon ácidos calientes, con la finalidad de preservar los palinomorfos no polínicos. Los residuos orgánicos se filtraron con malla de nylon de 10 μm y se tiñeron con safranina-o. Con el material retenido se realizaron 1 ó 2 preparados por muestra (designados como a, b), que están archivados en la Palinoteca del Laboratorio de Palinología de la Universidad Nacional del Sur (sigla LPUNS-LB, números 1 a 29). Los ejemplares ilustrados están caracterizados por el número y letra de preparado y las coordenadas correspondientes a la escala Vernier del microscopio Nikon Eclipse 600. Las fotomicrografías fueron tomadas con una cámara digital Nikon Coolpix 950.

El cálculo de porcentajes de algas y acritarcos se realizó utilizando la suma total de palinomorfos, incluyendo el polen. Para la realización del diagrama de frecuencias relativas y la zonación se utilizó el Programa TILIA 2.0.b.4 (Grimm, 1991-93). Las eda-

Arroyo La Ballenera (38° 19'S; 57° 57'O)

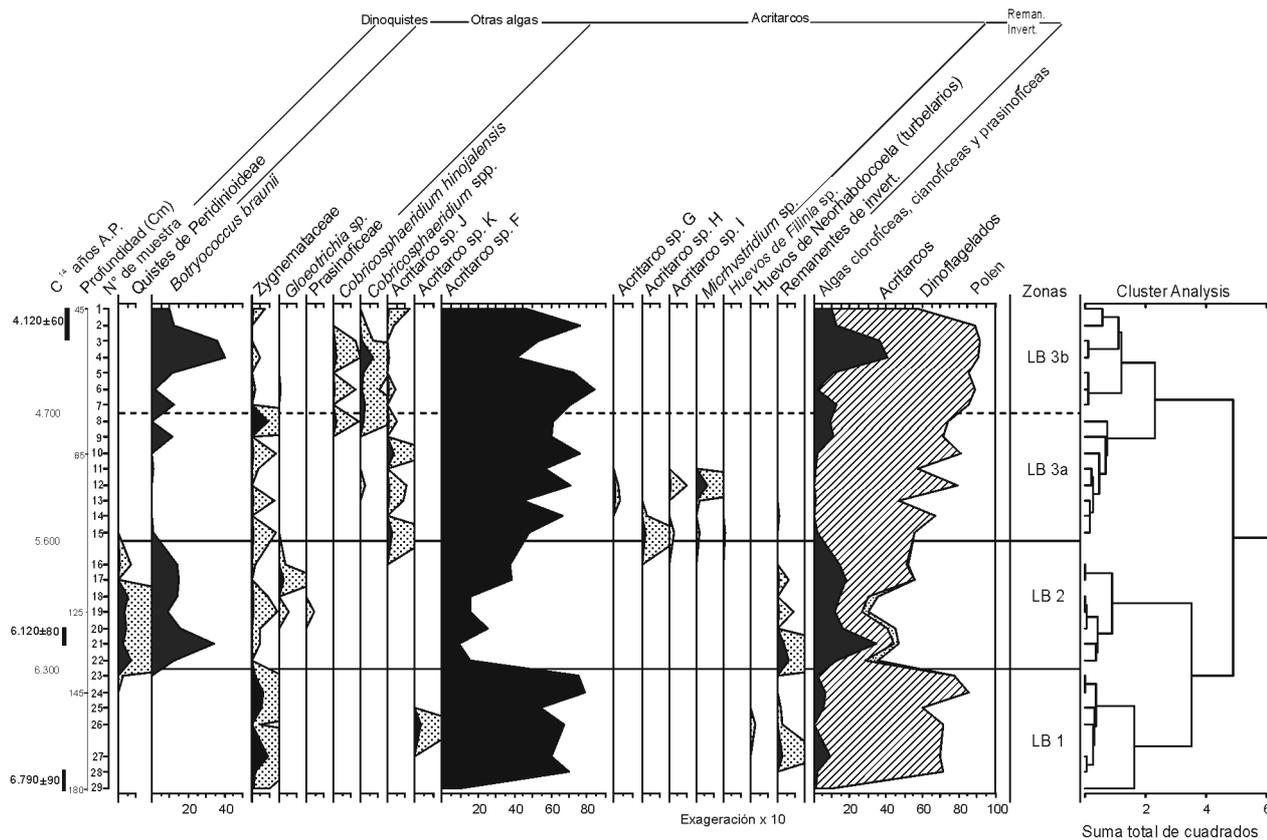


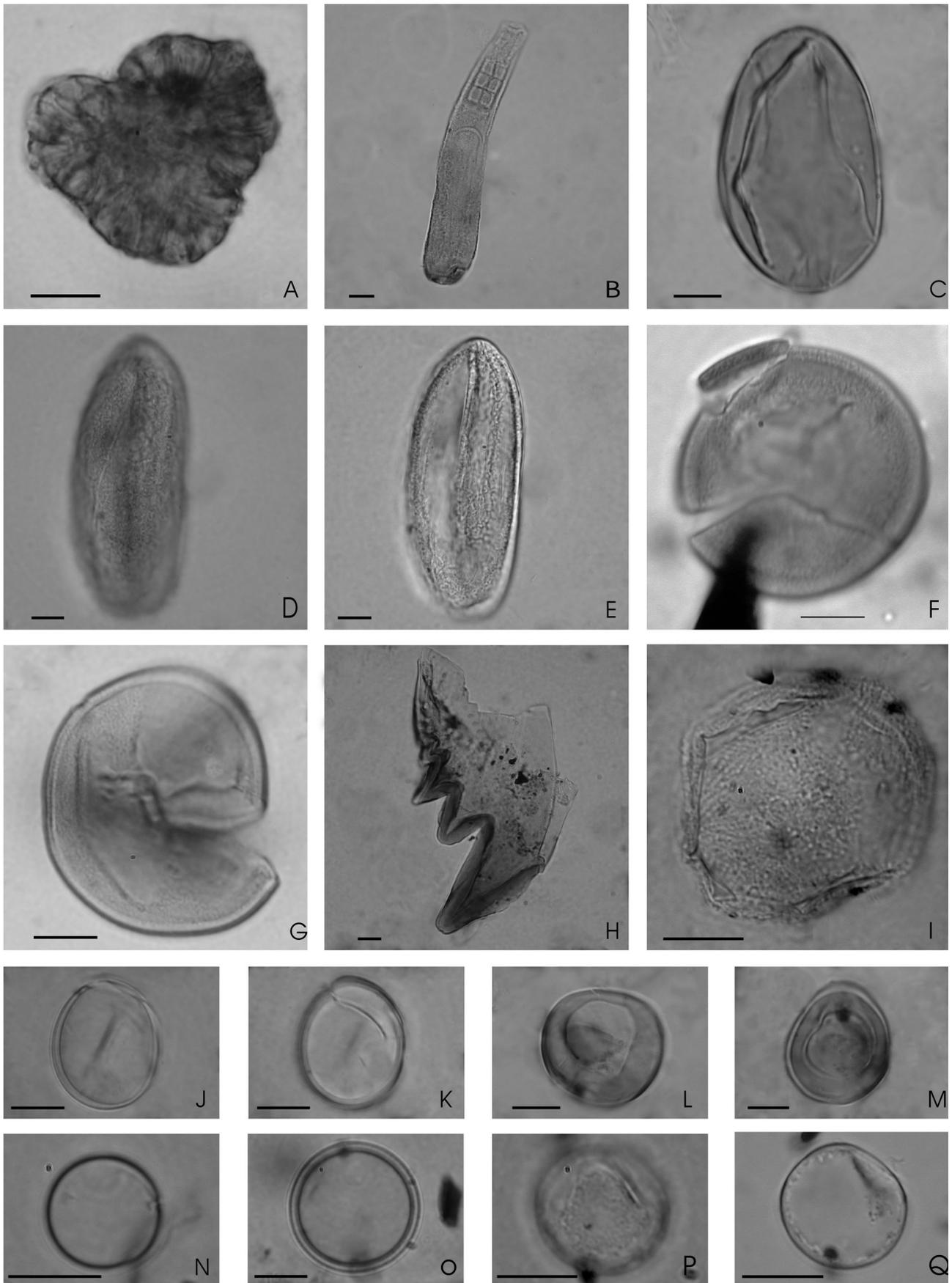
Figura 2. Diagrama palinológico, en porcentaje, de algas y acritarcos del perfil La Ballenera. Incluye dataciones radiocarbónicas (¹⁴C años A.P.), edades estimadas y zonas palinológicas / palynological diagram of algae and acritarchs at La Ballenera in percentages. Including radiocarbon-dated horizons (¹⁴C yr B.P.), estimated ages and palynological zones.

des intermedias se calcularon mediante interpolación lineal de las tres dataciones radiocarbónicas convencionales que posee el perfil (tabla 1), asumiendo una tasa de sedimentación constante.

Resultados

Se identificaron 19 tipos de algas y acritarcos y los resultados de los recuentos se presentan en un diagrama de frecuencias relativas (figura 2). Las Chlorophyta están representadas principalmente por agregados coloniales de *Botryococcus braunii* Kützing (figura 3.A) y entre las Cyanophyta se reconocieron vainas de *Gloeotrichia* sp. (figura 3.B). Entre las clorofíceas se registraron también cigósporas de Zygnemataceae: *Mougeotia* sp., *Spirogyra* sp. 1 (figura 3.C), *Spirogyra* sp. 2 (figuras 3.D, E) y ficomas de Prasinophyceae (figuras 3.F, G). Como los distintos taxones de Zygnemataceae tienen preferencias ecológicas similares, se agruparon para su interpretación. Los dinoflagelados están representados únicamente por quistes de tipo peridinioideo (Familia Peridiniaceae, Subfamilia Peridinioideae) con parasuturas

incompletas (Borel *et al.*, 2003). Los tres tipos de cápsulas de huevos del orden Neorhabdocoela, clase Turbellaria (pequeños gusanos chatos) fueron asociados para su representación. Otros huevos de invertebrados registrados pertenecen a *Filinia* sp. (Phylum Rotifera). Los apéndices y las partes bucales de invertebrados, mayoritariamente pertenecientes a crustáceos, fueron agrupados como remanentes de invertebrados (figura 3.H). Los acritarcos están representados por *Cobricosphaeridium hinojalensis* Head *et al.*, 2003, *Cobricosphaeridium* spp. y por otros acritarcos de posible afinidad algal: *Micrhystridium* sp., Acritarco sp. I, Acritarco sp. H (figuras 3.J, K), Acritarco sp. (figura 3.I), Acritarco sp. K (figuras 3.L, M), Acritarco sp. F (figuras 3.N, O) y Acritarco sp. G (figuras 3.P, Q). La denominación con letras de los diferentes tipos de acritarcos corresponde a una nomenclatura abierta que incluye a los palinomorfos de afinidad biológica incierta estudiados para secciones holocenas del sud-sudeste de la provincia de Buenos Aires (Borel, 2003). Los acritarcos sp. A a sp. E se identificaron y describieron para el testigo Laguna Hinojales (Borel *et al.*, 2003). Las especies F, G y H, así como *Micrhystridium* sp., fueron descriptas para sedi-



mentos holocénicos del estuario interno de Bahía Blanca (Borel y Gómez, 2006); las especies I, J y K se determinaron por primera vez en este trabajo (véase Apéndice).

Sobre la base del *cluster* análisis el registro de palinomorfos acuáticos se dividió en tres zonas y dos subzonas palinológicas:

Zona LB1 (entre 6.790 y ca. 6.300 ¹⁴C años A.P.): se caracteriza por altos valores de Acritarco sp. F (55-80%), acompañados de Zygnemataceae (<10%) y Acritarcos sp. K. En trazas están presentes cápsulas de huevos de turbelarios (*O. Neorhabdocoela*).

Zona LB2 (entre ca. 6.300 y ca. 5.600 ¹⁴C años A.P.): se caracteriza por altas frecuencias de *Botryococcus* (hasta 35%) y la presencia de dinoquistes de Peridinioideae (<8%). Acritarco sp. F varía entre 10 y 45%. En bajas proporciones están presentes *Gloetrichia*, Prasinophyceae y Zygnemataceae (<2%). Los remanentes de invertebrados alcanzan valores de 5%.

Zona LB3, en ella se reconocieron dos subzonas:

Subzona LB3-a (entre ca. 5.600 y ca. 4.700 ¹⁴C años A.P.): se caracteriza por una disminución notable de *Botryococcus* y la desaparición de Peridinioideae. Acritarco sp. F presenta altos valores (55-77%) y aparecen los acritarcos *Micrhystridium* sp. (hasta 8%), sp. G, sp. H, sp. I (en proporciones inferiores a 2% en la base de la subzona). Otros tipos presentes son Zygnemataceae (<10%), Acritarco sp. J (< 5%) y trazas de *Filinia* sp.

Subzona LB3-b (entre ca. 4.700 y 4.120 ¹⁴C años A.P.): presenta los máximos valores de *Botryococcus* (hasta 42%), Acritarco sp. F presenta valores fluctuantes entre 40 y 85%. El complejo *Cobricosphaeridium* alcanza los máximos valores (hasta 10%).

Discusión

Con anterioridad a los 6.790 ¹⁴C años A.P. el polen domina el espectro palinológico y las algas y acritarcos están ausentes. Tampoco se registran otros indicadores acuáticos, como diatomeas y gastrópodos (Espinosa *et al.*, 2003). El espectro de polen, dominado por Poaceae, refleja una estepa gramínea regional, de acuerdo a Stutz *et al.* (1999, 2002).

A los 6.790 ¹⁴C años A.P. el registro palinológico muestra un cambio abrupto y el Acritarco sp. F co-

mienza a dominar el espectro, alcanzando frecuencias muy altas. Sus características morfológicas son muy simples y similares a las de los cistes de *Pyramimonas* (Daugbjerg *et al.*, 2000), prasinoficea flagelada que habita en ambientes intermareales restringidos y que se adapta a ambientes costeros salobres. En el estuario interno de Bahía Blanca, caracterizado por su turbidez y escasa profundidad, uno de los componentes del fitoplancton, poco diverso, es *Pyramimonas* sp. (Hoffmeyer *et al.*, 1997). Este acritarco está presente en las muestras actuales de sedimentos mareales y submareales del estuario interno de Bahía Blanca (obs. pers.) y en proporciones muy variables (2-40%), en las planicies de marea del Holoceno del estuario de Bahía Blanca: PS2 (Gómez *et al.*, 2005) y Canal del Medio (Borel y Gómez, 2006), asociado a dinoquistes estuáricos como *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre y Cookson) Wall y varias especies de *Spiniferites*. En la sección de arroyo La Ballenera el Acritarco sp. F está acompañado por cigósporas de Zygnemataceae, Acritarco sp. K y cápsulas de huevos de turbelarios. Las Zygnemataceae son macroalgas dulceacuícolas, raramente salobres, que producen cigósporas o cigotas de resistencia en aguas con menos de 50 cm de profundidad (Van Geel, 2001). Formas semejantes al Acritarco sp. K están presentes en depósitos holocénicos de agua dulce de Holanda (Pals *et al.*, 1980, tipo 119). Asimismo, los turbelarios son invertebrados característicos de ambientes de agua dulce en los que producen huevos diapáusicos, encapsulados en cocones. Este espectro poco diverso de palinomorfos acuáticos, dominado por Acritarco sp. F, sugiere que entre 6.790 - 6.300 ¹⁴C años A.P. se desarrollaba una marisma salobre, con una conexión restringida con el mar. Sin embargo, está también indicando la presencia en el área de ambientes dulceacuícolas someros y semipermanentes, sometidos a desecación estacional. Para este intervalo, Stutz *et al.* (1999, 2002) señalan que el incremento de Chenopodiaceae, la presencia de *Ruppia* y de diatomeas bentónicas salobres indican el comienzo de la influencia marina en esta sección. Asimismo, la dominancia de Cyperaceae y de diatomeas ticoplanctónicas de agua salobre-dulce indica el desarrollo de una comunidad palustre dulceacuícola. Según estos autores, los cuerpos someros de agua dulce, se habrían generado por desbordes y encharcamientos al

Figura 3. A, *Botryococcus braunii* Kützing LPUNS-LB 19 a: 57,5/108,9. B, *Gloetrichia* sp. LPUNS-LB 19a: 59/109,8. C, *Spirogyra* sp. 1 LPUNS-LB 15a: 15,4/102,3. D-E, *Spirogyra* sp. 2 LPUNS-LB 19a: 57,8/95,7; D, foco alto / *high focus*; E, foco intermedio / *intermediate focus*. F-G, Prasinophyceae Gen. et sp. indet.; F, LPUNS-LB 19a: 51,1/102,6; G, LPUNS-LB 19a: 58,4/110. H, Remanente de invertebrado / *invertebrate remain* LPUNS-LB 19a: 58,6/110. I, Acritarco sp. I / *Acritarch* sp. I LPUNS-LB 13a: 16,3/101. J-K, Acritarco sp. H / *Acritarch* sp. H LPUNS-LB 15a: 59,1/100,1. J, foco alto / *high focus*; K, foco intermedio / *intermediate focus*. L-M, Acritarco sp. K / *Acritarch* sp. K; L, LPUNS-LB 26a: 62,2/101,3; M, LPUNS-LB 26a: 60/106,6. N-O, Acritarco sp. F / *Acritarch* sp. F; N, LPUNS-LB 15a: 62/100,3; O, LPUNS-LB 26 a: 97,2/58,5. P-Q, Acritarco sp. G / *Acritarch* sp. G LPUNS-LB 13a: 34/95,7; P, foco alto / *high focus*; Q, foco intermedio / *intermediate focus*. Todas las fotomicrografías fueron tomadas con contraste de interferencia / *all photomicrographs were taken using interference contrast*. Escala gráfica= 10 µm / *scale bar = 10 µm*.

aumentar el nivel de base del arroyo, durante la transgresión holocena. La presencia de altos porcentajes de *Heleobia parchappii* d'Orbigny, tolerante a amplias variaciones de salinidad (7-34‰) también refleja la presencia de un ambiente de agua dulce a salobre (Espinosa *et al.*, 2003).

Entre los 6.300 y ca. 5.600 ¹⁴C años A.P. los valores de Acritarco sp. F decrecen y aparecen dinoquistes de Peridinioideae, *Gloetrichia* y *Botryococcus braunii*. Este último alcanza proporciones importantes y estaría reflejando ambientes de agua dulce a salobre, de movimientos lentos, oligo a mesotróficos (Batten, 1996). Los dinoquistes tienen una morfología similar a aquellos de algunas especies de *Peridinium*, estudiadas por Boltovskoy (1973a, 1973b, 1975, 1976, 1989) en los cuerpos de agua continentales de Argentina. *Gloetrichia* ha sido hallada en las lagunas de la provincia de Buenos Aires (Guarrera *et al.*, 1968), es competitivamente superior a otros organismos del fitoplancton e indica condiciones pobres en nitrógeno (Van Geel *et al.*, 1996; Van Geel, 2001). Para este intervalo los palinomorfos no polínicos están indicando el desarrollo de un cuerpo de agua dulce a salobre, con bajo contenido en nutrientes y de baja energía. La presencia de ficomas de Prasinophyceae es concordante con un ambiente salobre (Guy-Ohlson, 1996). Los valores alcanzados por los remanentes de crustáceos indicarían un desarrollo importante de estos invertebrados en el cuerpo de agua continental. La presencia de conchillas muy fragmentadas de *Heleobia australis* d'Orbigny (a ca. 6.200 ¹⁴C años A.P.) sugiere redepositación por efecto de mareas (Espinosa *et al.*, 2003).

El espectro de palinomorfos acuáticos refleja un aumento de la salinidad a partir de los ca. 5.600 ¹⁴C años A.P. Este cambio se infiere por el incremento del Acritarco sp. F, la presencia de *Micrhystridium* sp., la desaparición de los dinoflagelados continentales y la notable disminución de *Botryococcus braunii*, entre ca. 5.600 y 4.700 ¹⁴C años A.P. *Micrhystridium* es un acritarco indicador de condiciones marinas restringidas; está presente en los sedimentos submareales actuales del estuario interno de Bahía Blanca, asociado con dinoquistes marinos (Grill y Guerstein, 1995). *Micrhystridium* sp., el Acritarco sp. G y sp. H tienen características morfológicas similares entre sí y semejantes a las de Acritarco sp. F. Posiblemente también constituyen cistes que forman parte del ciclo de vida de algas prasinofíceas. La ausencia de dinoquistes estuáricos o marinos indicaría una conexión muy restringida con el mar, sin influencia de las mareas. Además, las Zygnemataceae se extienden hasta este intervalo, indicando que también están presentes pequeños cuerpos someros y semipermanentes de agua dulce. El registro de huevos de *Filinia*, rotífero zooplanctónico oportunista, refleja también la presencia

de cuerpos dulceacuícolas a salobres, sometidos a rápidos cambios de sus factores abióticos. Entre ca. 6.200 y ca. 4.800 ¹⁴C años, las asociaciones diatómicas están indicando un ambiente de laguna estuarina (Espinosa *et al.*, 2003). El polen refleja que la comunidad halófito de una marisma reemplaza a la comunidad dulceacuícola, entre ca. 6.200 y 5.200 ¹⁴C años (Stutz *et al.*, 2002).

Entre ca. 4.700 y 4.120 ¹⁴C años A.P. los valores de Acritarco sp. F siguen siendo altos, aunque se incrementa la proporción de *Botryococcus braunii*, sugiriendo una disminución en la salinidad del cuerpo de agua. También se registra *Cobricosphaeridium*, indicando condiciones ambientales adversas en un cuerpo de agua sujeto a períodos de desecación. *Cobricosphaeridium* presentan características morfológicas similares a las de los huevos de resistencia de ciertos crustáceos, como copépodos o anostracos, descartándose su afinidad biológica con los dinoflagelados (Head *et al.*, 2003). Los huevos o quistes de resistencia forman parte de una estrategia reproductiva típica de organismos zooplanctónicos que habitan cuerpos de agua continentales de gran inestabilidad, asegurando su supervivencia durante períodos de condiciones ambientales extremas (Cohen, 1995). Otros *proxies* acuáticos también evidencian que las comunidades acuáticas habrían estado sometidas a cambios de los factores abióticos. Con posterioridad a ca. 4.800 ¹⁴C años A.P., las diatomeas indican el desarrollo de cuerpos de agua en una marisma, periódicamente seca (Espinosa *et al.*, 2003) y el polen refleja el máximo desarrollo de la comunidad halófito en ese ambiente (Stutz *et al.*, 2002).

Las condiciones de inestabilidad en cuerpos de agua marginales continentales, se han reconocido en otras secciones holocenas del sudeste bonaerense y serían características de la fase regresiva del nivel del mar durante el Holoceno. En Laguna Hinojales, a ca. 4.500 ¹⁴C años A.P., *Cobricosphaeridium* alcanza importantes proporciones (hasta 55%), junto con quistes de Peridinioideae y en correlación inversa con *Pediastrum*, *Scenedesmus* y Zygnemataceae. Las condiciones adversas para el crecimiento de las microalgas verdes planctónicas, como aumentos de temperatura y salinidad, habrían favorecido el desarrollo y enquistamiento de peridinioideos y de *Cobricosphaeridium* (Borel *et al.*, 2003). En el arroyo Las Brusquitas, a partir de ca. 3.900 ¹⁴C años A.P., se registra un incremento de *Cobricosphaeridium* y de quistes de Peridinioideae, una disminución en los valores de acritarcos y un espectro polínico que representa un gradual decrecimiento de la salinidad (Vilanova *et al.*, 2005).

En otras secciones litorales del sudeste de la provincia de Buenos Aires se reconoce, para el intervalo de tiempo analizado, una evolución comparable a la

del arroyo La Ballenera, aunque con diferencias en la magnitud de la influencia de las mareas. En las secuencias aflorantes en las proximidades de la desembocadura del río Quequén Grande, los estudios tafonómicos de bivalvos y gastrópodos (Golfieri *et al.*, 1998; De Francesco y Zárate, 1999; 2001), permitieron reconocer que las condiciones estuarinas comenzaron después de los 6.800 ¹⁴C años A.P., y que rápidamente se formó una laguna estuarina de baja salinidad y circulación restringida. En el arroyo Las Brusquitas, los palinomorfos, las diatomeas y gastrópodos muestran el desarrollo, entre *ca.* 6.700 y 6.200 ¹⁴C años A.P., de una marisma salada con gran influencia de mareas, que evoluciona entre los *ca.* 6.200 y 5.200 ¹⁴C años A.P., a cuerpos someros salobres con reducida influencia de las mareas y, con posterioridad, entre *ca.* 5.200 y 3.900 ¹⁴C años A.P., a una marisma amplia (Vilanova *et al.*, 2005).

La comparación con los espectros palinológicos obtenidos en otras secciones costeras del sud-sudeste de la provincia de Buenos Aires, muestra que los palinomorfos acuáticos no polínicos son importantes indicadores de los cambios de salinidad, contenido de nutrientes y profundidad de los cuerpos de agua. Su estudio, en combinación con el polen, brinda una buena información paleoambiental en las áreas transicionales desarrolladas durante el último ciclo transgresivo-regresivo. La exploración de este tipo de microfósiles como indicadores paleoecológicos no está finalizada, por ejemplo las partes o apéndices del cuerpo de ciertos crustáceos tienen características morfológicas distintivas que requieren un estudio exhaustivo para relacionarlos con el grupo de organismos que los produce y asignarlos a nivel supragenérico.

Conclusiones

El análisis palinológico de las algas y acritarcos de la sección arroyo La Ballenera y su integración con otros *proxies* (polen, diatomeas, moluscos), permite reconocer, para el área, una evolución paleoambiental relacionada a las fluctuaciones del nivel del mar. Desde los 6.790 ¹⁴C años A.P. la transgresión marina habría originado un incremento en la salinidad del área, aunque siempre fue importante el influjo de agua dulce. La coexistencia de palinomorfos permite sugerir la presencia de una marisma, con condiciones de mezcla de aguas. Entre los 6.300 ¹⁴C años A.P. y hasta los *ca.* 5.600 ¹⁴C años A.P. los palinomorfos acuáticos reflejan el desarrollo de un cuerpo de agua continental, oligo a mesotrófico, con importante influencia de agua dulce. A partir de los *ca.* 5.600 ¹⁴C años A.P. y hasta los *ca.* 4.700 años A.P. las algas y acritarcos reflejan un incremento en la salinidad y

con posterioridad a *ca.* 4.700 ¹⁴C años A.P. este registro sugiere el desarrollo de un ambiente inestable con mayor influencia dulceacuícola.

Agradecimientos

Este estudio es una contribución a los proyectos PIP 6416 y FONCYT (PICTs: 07-14653; 07-14652; 07-26057). Agradezco a S.M. Stutz quien facilitó las muestras para su estudio. A A. Boltovskoy y A.R. Prieto por sus importantes sugerencias en calidad de revisores y a G.R. Guerstein por sus valiosos aportes en las distintas etapas de este trabajo y por la lectura crítica del manuscrito.

Bibliografía

- Batten, D.J. 1996. Chapter 7C. Colonial Chlorococcales. En: J. Jansonius y D.C. McGregor (eds.), *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation (Salt Lake City, Utah) 1: 191-203.
- Boltovskoy, A. 1973a. Formación del arqueopilo en tecas de dinoflagelados. *Revista Española de Micropaleontología* 5: 81-98.
- Boltovskoy, A. 1973 b. *Peridinium gatunense* Nygaard. Estructura y estereoultraestructura tecal (Dinoflagellida). *Physis* B 32: 331-344.
- Boltovskoy, A. 1975. Estructura y ultraestructura tecal de dinoflagelados. II. *Peridinium cinctum* (Müller) Ehrenberg. *Physis* B 34: 73-84.
- Boltovskoy, A. 1976. Estructura y estereoultraestructura tecal de dinoflagelados. III. *Peridinium bipes* Stein, forma *apoda* n.f. *Physis* B 35: 147-155.
- Boltovskoy, A. 1989. Thecal morphology of the dinoflagellate *Peridinium gutwinski*. *Nova Hedwigia* 49: 369-380.
- Borel, C.M. 2003. [Palinología (con énfasis en algas y acritarcos) del Holoceno del sud-sudeste bonaerense. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 113 pp. Inédito.].
- Borel, C.M. y Gómez, E.A. 2006. Palinología del Holoceno del Canal del Medio, estuario de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina). *Ameghiniana* 43: 399-412.
- Borel, C.M., Guerstein, G.R. y Prieto, A.R. 2003. Palinomorfos acuáticos (algas y acritarcos) del Holoceno de la laguna Hinojales (Buenos Aires, Argentina): interpretación paleoecológica. *Ameghiniana* 40: 531-544.
- Burgos, J. y Vidal, A. 1951. Los climas de la República Argentina, según la nueva clasificación de Thornthwaite. *Meteoros* 1: 3-32.
- Cohen, R.G. 1995. Crustacea Anostraca. En: E. Lopretto y G. Tell (eds.), *Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio*. (Tomo 2). Ediciones Sur, La Plata. 1401 pp.
- Daugbjerg, N., Marchant, H.J. y Thomsen, H.A. 2000. Life history stages of *Pyramimonas tychothreta* (Prasinophyceae, Chlorophyta), a marine flagellate from the Ross Sea, Antarctica. *Phycological Research* 48: 199-209.
- De Francesco, C.G. y Zárate, M.A. 1999. Análisis taxonómico de *Littoridina Souleyet*, 1852 (Gastropoda: Hydrobiidae) en perfiles holocenos del río Quequén Grande (provincia de Buenos Aires): significado paleobiológico y paleoambiental. *Ameghiniana* 36: 297-310.
- De Francesco, C.G. y Zárate, M.A. 2001. Bioturbaciones de *Tagelus plebeius* (Lightfoot, 1786) (Mollusca: Bivalvia) en un ambiente estuárico holoceno (río Quequén Grande, Buenos Aires, Argentina). *Ameghiniana* 38: 467-470.
- Espinosa, M.A., De Francesco, C. e Isla, F.I. 2003. Paleoambiental reconstruction of Holocene coastal deposits from the Southeastern Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of Paleolimnology* 29: 49-60.
- Faegri, K. e Iversen, J. 1989. Textbook of Pollen Analysis. 4° ed., K.

- Faegri, P.E. Kalana y K. Krzywinski (eds.), John Wiley and Sons, London, 328 pp.
- Golfieri, G.A., Ferrero, L. y Zárate, M. 1998. Tafonomía y paleoecología de *Tagelus plebeius* (Lightfoot, 1786) (Mollusca, Bivalvia) en sedimentos holocenos del río Quequén Grande, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana* 35: 255-264.
- Gómez, E.A., Martínez, D.E., Borel, C.M., Guerstein, G.R. y Cusminsky, G.C. 2005. Submarine evidence of Holocene sea-level fluctuations in the Bahía Blanca estuary, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 20: 139-155.
- Gray, J. 1965. *Palynological techniques*. En: B. Kummel y D. Raup (eds.). W.H. Freeman, San Francisco, pp. 471-587.
- Grimm, E. 1991-93. *Tilia Software*. Illinois State Museum. Research & Collection Center, Springfield, Illinois.
- Grill, S. y Guerstein, G.R. 1995. Estudio palinológico de sedimentos superficiales en el estuario de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Polen* 7: 41-49.
- Guarrera, S.A., Cabrera, S.M., López, F. y Tell, G. 1968. Fito-plancton de las aguas superficiales de la Provincia de Buenos Aires. I. Área de la Pampa Deprimida. *Revista del Museo de La Plata, Sección Botánica* 10: 223-331.
- Guy-Ohlsen, D. 1996. Chapter 7B. Prasinophycean algae. En: J. Jansonius y D.C. Mc. Gregor (eds), *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation (Salt Lake City, Utah) 1: 181-189.
- Head, M.J., Borel, C.M., Guerstein, G.R. y Harland, R. 2003. The problematic aquatic palynomorph genus *Cobricosphaeridium* Harland and Sarjeant 1970 *emend.*, with new records from the Holocene of Argentina. *Journal of Paleontology* 77: 963-985.
- Hoffmeyer, M.S., Tumini, L., Pettigrosso, R.E., Barría, M.S. y Contardi, E.T. 1997. Estudio de la calidad de agua en la ría de Bahía Blanca. Capítulo III: Biología. *Instituto Argentino de Oceanografía. Informe final*, 90 pp.
- Isla, F.I. y Espinosa, M.A. 1998. Modelo sedimentario de colmatación de pequeños estuarios dominados por limo, provincia de Buenos Aires. 7° *Reunión Argentina de Sedimentología* (Salta), *Actas*: 24-36.
- Isla, F.I., Cortizo, L.C. y Turno Orellano, H.A. 2001. Dinámica y evolución de las Barreras Medanosas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfología* 2: 73-83.
- Pals, J.P., Van Geel, B. y Delfos, A. 1980. Paleoeological studies in the Klokkeveel bog near Hoogkarspel (prov. of Noord-Holland). *Review of Palaeobotany and Palynology* 30: 371-419.
- Parke, M. y Dixon, P.S. 1964. A revised check-list of British marine algae. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 44: 499-542.
- Stutz, S. M. 2000. [Historia de la vegetación del litoral bonaerense durante el último ciclo transgresivo-regresivo del Holoceno. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, 128 pp. Inédito].
- Stutz, S.M., Prieto, A.R. e Isla, F.I. 1999. Cambios de la vegetación durante el Holoceno en el SE bonaerense: análisis polínico del Arroyo La Ballenera. *Asociación Paleontológica Argentina. Publicación Especial* 6: 65-69.
- Stutz, S., Espinosa, M., De Francesco, C. e Isla, F. 2002. Historia ambiental del arroyo La Ballenera (provincia de Buenos Aires) durante el último ciclo transgresivo-regresivo. Análisis de diatomeas, polen, moluscos y sedimentos. 8° *Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía* (Corrientes), *Resúmenes*: p. 55.
- Van Geel, B. 2001. Non-pollen palynomorphs. En: J.P. Smol, H.J.B. Birks y W.M. Last (eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volumen 3: Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 99-119.
- Van Geel, B., Odgaard, B.V. y Ralska-Jasiewiczowa, M. 1996. Cyanobacteria as indicators of phosphate-eutrophication of lakes and pools in the past. *Pact* 50: 399-415.
- Vilanova, I., Prieto A.R. y Espinosa, M. 2005. Palaeoenvironmental evolution and sea-level fluctuations along the southeastern Pampa grasslands coast of Argentina during the Holocene. *Journal of Quaternary Science* 21: 227-242.

Recibido: 18 de julio de 2005.

Aceptado: 29 de noviembre de 2006.

Apéndice

Palinología sistemática

Algas

Clase PRASINOPHYCEAE Parke en Parke y Dixon 1964
Gen. et sp. indet.
Figuras 3.F, G

Descripción. Ficomas de contorno circular a subcircular, de pared muy gruesa con dos capas: una interna de 1 µm de espesor y otra externa de 1,5 µm de espesor, atravesada por canaliculos. Dehiscencia irregular que se extiende hasta la mitad del ficoma.

Dimensiones. Diámetro: 34 - 48 µm (4 ejemplares medidos).

Principal material estudiado. LPUNS-LB 19a: 53,6/110,7; 19a: 58,4/110; 19a: 51,1/102,6.

Incertae Sedis
Acritarco sp. I

Descripción. Palinomorfos elipsoidales, de pared muy fina, plegada frecuentemente, densa y regularmente ornamentada con pequeñas verrugas de diámetro inferior a 1 µm, con una ruptura bien desarrollada.

Dimensiones. Diámetro 52-72 µm; espesor de la pared 1 µm (3 ejemplares medidos).

AMEGHINIANA 44 (2), 2007

Principal material estudiado. LPUNS-LB 15a: 72,5/138; 12a: 72,1/111,4.

Acritarco sp. J
Figura 3.I

Descripción. Palinomorfos de contornos subcirculares, de pared incolora, delgada y muy hialina, ornamentada con báculas, de altura menores a 1 µm, que se disponen formando numerosos diseños radiales. No se observa apertura.

Dimensiones. Diámetro: 26 - 35 µm; espesor de la pared 1 µm (6 ejemplares medidos).

Principal material estudiado. LPUNS-LB 15a: 55,6/99,6; 13a: 33,7/100,4; 13a: 10/116,5; 9a: 55,9/100,4.

Acritarco sp. K
Figuras 3.L, M

Descripción. Palinomorfos globosos a subglobosos, de pared gruesa y psilada, con una apertura bien desarrollada, muy característica y de forma circular a elipsoidal. En algunos especímenes el opérculo se encuentra parcialmente desarrollado y adherido.

Dimensiones. Diámetro 21-34 µm; espesor de la pared 1,5 µm (4 ejemplares medidos).

Principal material estudiado. LPUNS-LB 26a: 54,7/117,7; 26a: 60/106,6; 26a: 54,1/101,9.