

MICROFÓSILES CALCÁREOS NO MARINOS Y SEMILLAS DE LA FORMACIÓN PIEDRA CLAVADA (ALBIANO) EN SU ÁREA TIPO, PROVINCIA DE SANTA CRUZ, ARGENTINA



*SARA BALLENT^{1,2}, ANA PAULA CARIGNANO^{1,2}, ARI IGLESIAS^{1,3} Y DANIEL G. POIRÉ^{1,4}

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina (CONICET).

²División Paleontología Invertebrados, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Pasaje Teruggi s/n, Paseo del Bosque, B1900FWA La Plata, Argentina. apcarignano@fcnym.unlp.edu.ar

³División Paleobotánica, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Pasaje Teruggi s/n, Paseo del Bosque, B1900FWA La Plata, Argentina. ari_iglesias@yahoo.com.ar

⁴Centro de Investigaciones Geológicas, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Avenida 1 N° 645, B1900TAC La Plata, Argentina. poire@cig.museo.unlp.edu.ar

Resumen. Se describen e ilustran por primera vez microfósiles calcáreos no marinos (ostrácodos y carófitas) y semillas de angiospermas primitivas asignadas a *Carpolithus* sp. de la Formación Piedra Clavada (Albiano temprano a Albiano tardío bajo) en su área tipo en la localidad Quebrada Don Nielsen, provincia de Santa Cruz, Argentina. La microfauna sugiere un ambiente de albufera pantanosa. Se establecen afinidades con asociaciones microfaunísticas del Cretácico Inferior de la Cuenca del Golfo San Jorge.

Palabras clave. Ostrácodos no marinos. Carófitas. Semillas de angiospermas. Albiano. Argentina.

Abstract. Non-marine calcareous microfossils (ostracods and charophytes) and primitive angiosperm seeds (*Carpolithus* sp.) from the Piedra Clavada Formation (early Albian to early late Albian) in its type area, at Quebrada Don Nielsen section, Santa Cruz Province, Argentina are described and illustrated for the first time. The microfauna suggests a marshy lagoon paleoenvironment. Affinities with Lower Cretaceous microfossil assemblages from the Golfo San Jorge Basin are included.

Key words. Non marine ostracods. Charophytes. Angiosperm seeds. Albian. Argentina.

La Cuenca Austral o Magallánica se ubica en el extremo meridional de América del Sur y cubre una superficie de aproximadamente 170.000 km² en Argentina y Chile. Una extensa porción de ella se expande por territorio continental, y alrededor de 22.400 km² corresponden a áreas costa afuera, dentro de la plataforma continental argentina (Turic y Ferrari, 2000). Su estratigrafía y evolución paleoambiental son actualizadas permanentemente debido al relevante interés económico derivado de la presencia de hidrocarburos en sus secuencias sedimentarias. Durante la evolución de la Cuenca Austral entre el Jurásico Tardío y todo el Cretácico se han sucedido varias etapas (Nullo *et al.*, 1999): una inicial de *rift* (Jurásico Tardío) de fracturación y subsidencia tectónica, formadora del basamento de la cuenca, seguida de hundimiento termal o *sag* (Valanginiano tardío-Hauteriviano temprano) con el espesamiento de las unidades sedimentarias y extensiones más o menos uniformes. Posteriormente, y hasta el Cretácico Tardío, se produce una sucesión de múltiples etapas de antepaís, con eventos tectónicos que establecieron dentro de la cuenca varios ciclos sedimentarios que se caracterizan por una migración de los depocentros marinos del

noroeste al sudeste y una constante oscilación del nivel del mar que permitió la depositación de sedimentitas continentales (Nullo *et al.*, 1999).

En este contexto, la Formación Piedra Clavada, de edad albiana y constituida por depósitos clásticos litorales-deltaicos con intercalaciones de niveles marinos (Feruglio en Fossa Mancini *et al.*, 1938; Arbe, 2002; Poiré *et al.*, 2002), está muy bien representada en la provincia de Santa Cruz, desde el lago Cardiel en el norte hasta las márgenes del río Leona en el sur, con su porción superior muy bien expuesta en el área de Tres Lagos, en la que se encuentra su localidad tipo (Fig. 1.1). En esta área la entidad tiene un espesor de 300 m de los cuales sólo los 60 m superiores están expuestos, como lo revelan los datos de pozos exploratorios (Caballero, 1975). Se halla cubierta de manera paraconcordante por sedimentitas deltaicas y continentales de la Formación Mata Amarilla, de edad cenomaniana media (sobre la base de edades isotópicas recientes, Varela *et al.*, in press) que con dudas se extiende hasta el Coniaciano (Riccardi y Roller, 1980).

En el área del lago Cardiel (60 km al norte del área aquí estudiada), la Formación Piedra Clavada se dispone

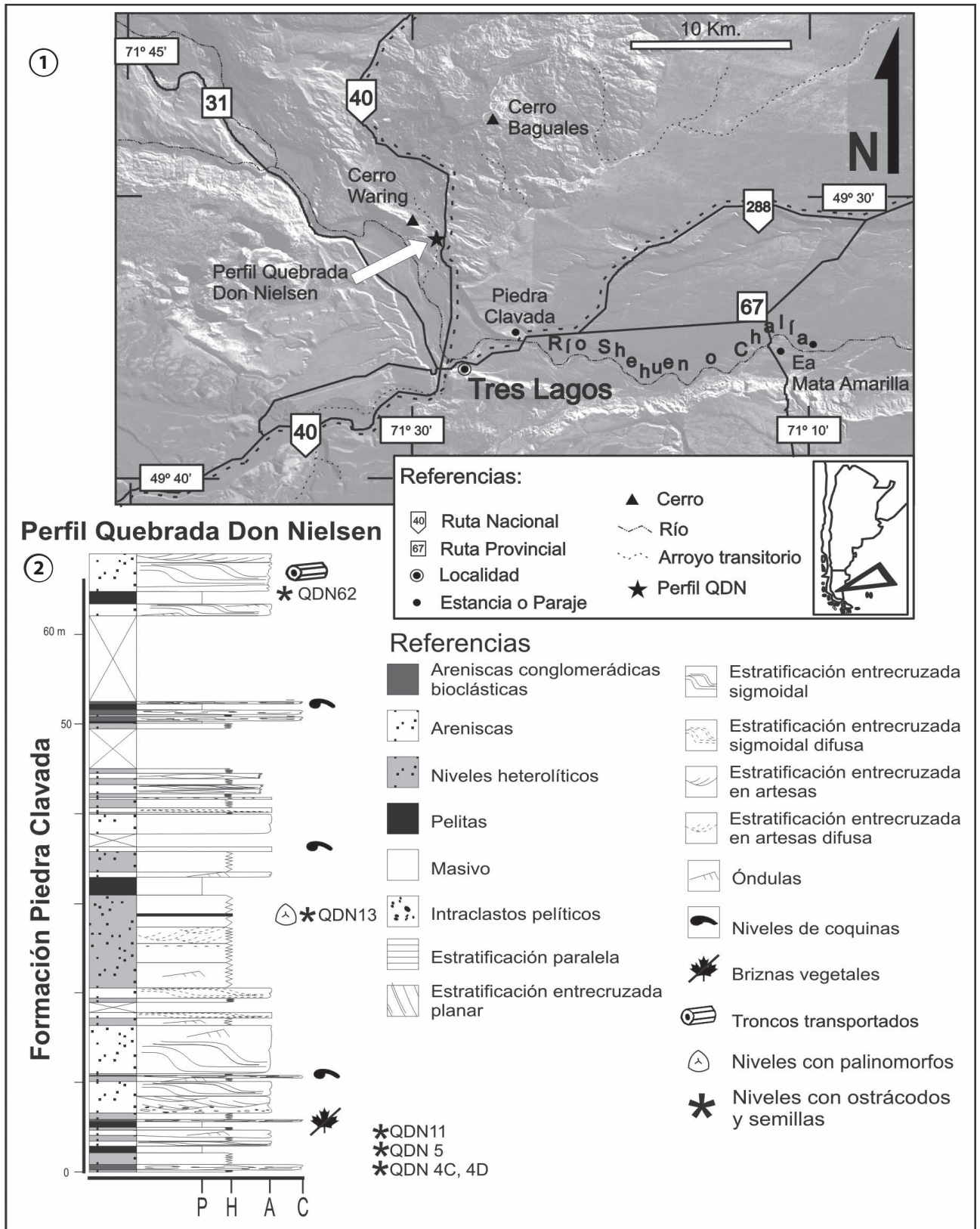


Figura 1. 1. Mapa de ubicación del perfil Quebrada Don Nielsen (QDN), provincia de Santa Cruz, Argentina/*location of the Quebrada Don Nielsen section (QDN), Santa Cruz Province, Argentina*; **2.** Perfil QDN con ubicación de las muestras con microfósiles* (modificado de Archangelsky et al., 2008)/ *QDN section with microfossil samples location** (modified from Archangelsky et al., 2008).

transicionalmente sobre la Formación Río Mayer (Aptiano tardío), mediando entre ambas un breve hiato cronológico reconocido por Medina *et al.* (2008). Estos autores realizaron el estudio bioestratigráfico integrado del Perfil La Horqueta, situado al oeste del lago Cardiel (Medina *et al.*, 2008, p. 274), el cual abarca los términos superiores de la Formación Río Mayer y la parte inferior de la Formación Piedra Clavada. Ambas unidades han brindado restos fosilíferos marinos y continentales. Los primeros corresponden a amonites que han permitido datar la base de la Formación Piedra Clavada en esta área en el Albiano temprano (Riccardi *et al.*, 1987). En el área de Tres Lagos, Poiré *et al.* (2002) realizaron estudios sedimentológicos y de icnofacies en la Formación Piedra Clavada. Las muestras recolectadas por estos autores fueron estudiadas por Archangelsky *et al.* (2008) quienes establecieron sobre la base de su contenido palinológico una edad albiana temprana hasta quizás la base del Albiano tardío.

En esta contribución se describe el primer hallazgo de microfósiles calcáreos representado por ostrácodos y girogonites de carofitas, y por pequeñas semillas momificadas de angiospermas primitivas, recuperados en la Formación Piedra Clavada en la localidad Quebrada Don Nielsen, en las inmediaciones de la ciudad de Tres Lagos, en el sudeste de la provincia de Santa Cruz (Fig. 1.1).

Los objetivos de este trabajo son aportar nuevos datos sobre la biota de la Formación Piedra Clavada con el propósito de avanzar en su caracterización paleoambiental y ampliar el conocimiento sobre las afinidades entre los microfósiles recuperados en ésta y otras cuencas mesocretácicas de Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los microfósiles estudiados han sido recuperados de la Formación Piedra Clavada en la sección Quebrada Don Nielsen (49°31'52,6"S–71°28'32"O) ubicada nueve kilómetros al norte de la localidad tipo y de la ciudad de Tres Lagos, sobre la ruta 40, en el sudoeste de la provincia de Santa Cruz (Fig. 1.1). Sus facies sedimentarias se discriminaron principalmente en silicoclásticas, arenoso-bioclásticas y carbonáticas (Poiré *et al.*, 2002). Cerca de la base de la sección estudiada, la Formación Piedra Clavada muestra niveles muy conspicuos, conformados por facies pelíticas y heterolíticas oscuras de hasta 6 m de espesor, que preservan ejemplares de ostrácodos observables a simple vista asociados a abundante materia orgánica (Figs. 1.2; 2.1–6). En las pelitas oscuras se han recuperado además, pequeños bivalvos de valvas delgadas; dientes, espinas y vértebras de peces; alas de

insectos, briznas vegetales, semillas y fragmentos de hojas. Las facies pelíticas se encuentran intercaladas entre grandes cuerpos de areniscas ricas en trazas fósiles marinas pertenecientes a los icnogéneros *Cochlichmus*, *Curvolithus*, *Cylindrichnus*, *Ophiomorpha*, *Palaeophycus*, *Phycodes* y *Planolites* (Poiré *et al.*, 2002) y niveles delgados (10 cm) de coquinas con abundantes ostreidos (Fig. 2).

Fueron procesadas ocho muestras (colectadas en campañas entre los años 1996 y 1997) provenientes de cinco niveles diferentes; cinco muestras preservaron microfósiles calcáreos (QDN4C, QDN4D, QDN5, QDN11, QDN62) y dos muestras fueron fértiles en semillas momificadas (QDN13, QDN62) (Fig. 1.2). Por tratarse de rocas pelíticas consolidadas, fueron tratadas con sulfato de sodio anhidro a temperatura ambiente durante varios días hasta lograr su disgregación y luego sumergidas en agua oxigenada al 10% durante 24 horas, lavadas a través de tamiz de malla 63 µm y secadas en estufa a 30° C. En las muestras fértiles se realizó la extracción (*picking*) de ejemplares en aproximadamente 33 g (niveles QDN4 y QDN5) y 6 g (niveles QDN11, QDN13 y QDN62) de muestra seca. En el caso de los ostrácodos se extrajeron caparazones y fragmentos en donde era posible observar algún detalle de su morfología, dado el regular estado general de preservación del material.

Las semillas estudiadas poseen una preservación excepcional, presentando la estructura de las paredes celulares momificadas. Fueron retenidas en el tamiz de malla 250 µm. Su pequeño tamaño hizo posible su recuperación sólo en las muestras procesadas para búsqueda de microfósiles calcáreos. Fueron seccionadas con hoja de afeitar fina bajo lupa binocular y preparadas para su fotografiado y estudio.

Los ejemplares ilustrados fueron montados sobre cinta conductora de carbono, sometidos a un baño de oro y fotografiados en el Servicio de Microscopía Electrónica del Museo de La Plata.

Terminología y repositorio. En las descripciones sistemáticas para ostrácodos a nivel supragenérico se ha adoptado la propuesta de Martin y Davis (2001); para carofitas, la clasificación propuesta en Kaesler (2005) y en la descripción de semillas se utilizó la nomenclatura resumida en Kirkbride *et al.* (2006). Las medidas y abreviaturas utilizadas son: en ostrácodos, **L**, largo, **A**, alto, **a**, ancho. Las dimensiones se indican en milímetros (**mm**) usándose la siguiente convención de tamaños: muy pequeño (< 0,400), pequeño (0,401–0,500), mediano (0,501–0,700), grande (0,701–0,900), muy grande (> 0,901); en carofitas **LPA**, longitud del eje polar; **LED**, diámetro ecuatorial máximo. El material de ostrácodos y

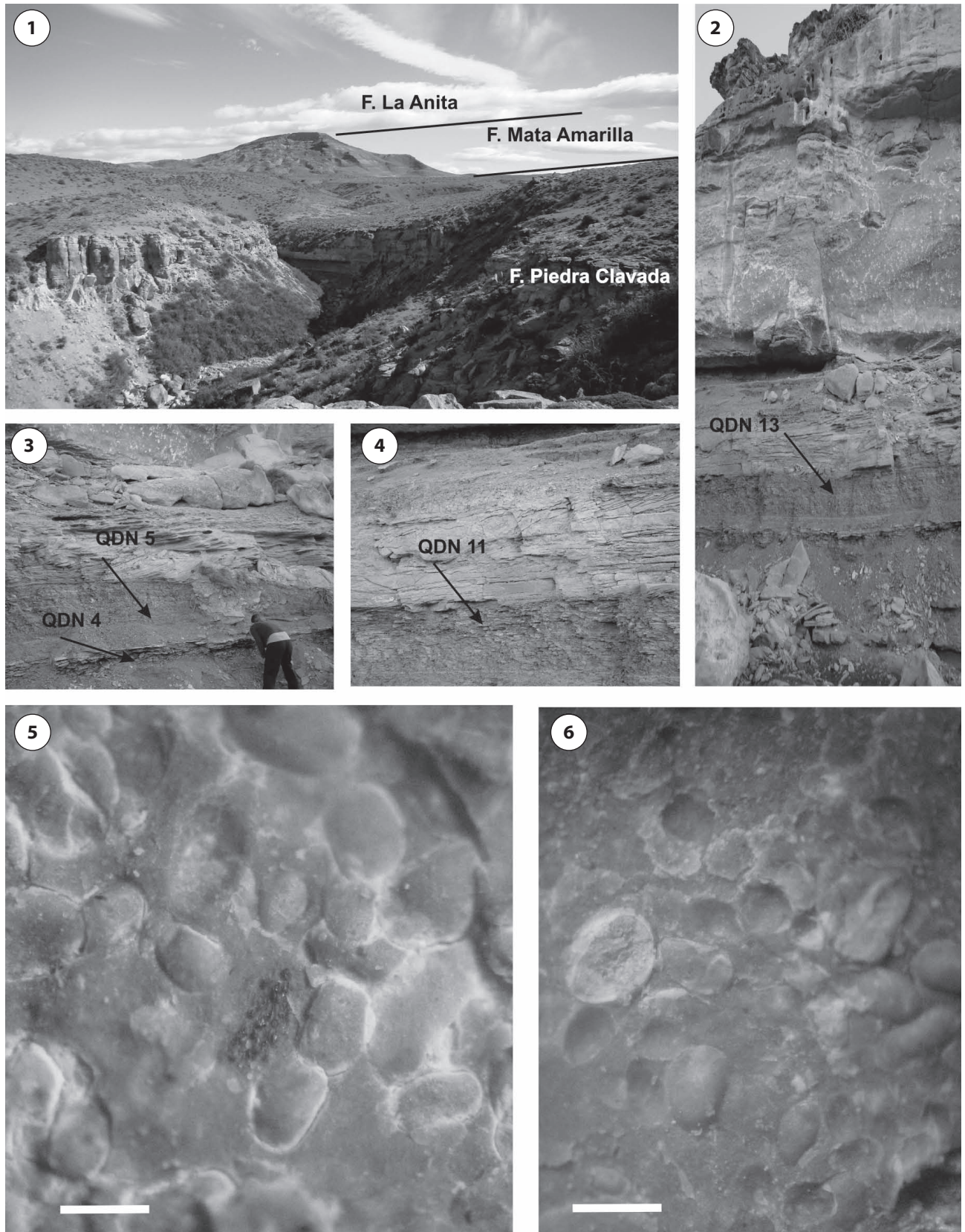


Figura 2. 1–4, Sección Quebrada Don Nielsen, provincia de Santa Cruz, Argentina, vista de los afloramientos y niveles con microfósiles (flechas)/ Quebrada Don Nielsen section, Santa Cruz Province, Argentina, outcrop and microfossils level views (arrows). 5–6, Ostrácodos en muestra de campo, barra= 0,300 mm/ Ostracods on the field rock, scale bar= 0.300 mm.

carofitas queda depositado en la División Paleontología Invertebrados (sección Micropaleontología) del Museo de La Plata, bajo la sigla y numeración **MLP-Mi** 1811 a 1834. El material de semillas queda depositado en la colección de micropreparados de la División Paleobotánica del Museo de La Plata, bajo el acrónimo **LPPB-Pm** 1904, 1905.

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

Clase OSTRACODA Latreille, 1806
 Orden PODOCOPIDA Müller, 1894
 Suborden PODOCOPINA Sars, 1866
 Superfamilia CYPRIDOIDEA Baird, 1845
 Familia ILYOCYPRIDIDAE Kaufmann, 1900
 Subfamilia ILYOCYPRIDINAE Kaufmann, 1900
 Género **Neuquenocypris** Musacchio, 1973

Especie tipo. *Ilyocypris* (*Neuquenocypris*) *calfucurensis* Musacchio, 1973 (p. 17, lám. V, figs. 1-3, 10, 14; lám. VI, figs. 1-7, 9; lám. VIII, fig. 3).

Neuquenocypris antiqua

Musacchio y Simeoni, 1991

Figura 3.1–3.6

1991 *Neuquenocypris* (*Protoneuquenocypris*) *antiqua* Musacchio y Simeoni, p. 368, fig. 9. 11, 14-17.

Material. Veinte caparazones adultos y juveniles y numerosos fragmentos; MLP-Mi 1811 a 1817.

Breve descripción. Especie de caparazón grande a muy grande, subrectangular en vista lateral, con el borde dorsal marcadamente descendente; inequivalvo, con valva izquierda mayor que valva derecha. Presencia de dos surcos poco profundos en posición media anterior. Fuertemente ornamentado, con destacados mamelones redondeados en número variable con ordenamiento paralelo a la periferia en el área marginal y un puncteado grueso que cubre la totalidad de la superficie. Presencia de pequeñas papilas ordenadas a modo de orla paralelas al margen anterior de la valva. Caracteres morfológicos internos no se observan debido a que se cuenta con valvas articuladas.

Dimensiones (en mm). Especímenes ilustrados:
 MLP-Mi 1811; L= 0,895, A= 0,540 (Fig. 3.1)
 MLP-Mi 1812; L= 0,850, A= 0,490 (Fig. 3.2)
 MLP-Mi 1813; L= 0,720, A= 0,405; a= 0,275 (Figs. 3.3, 4)
 MLP-Mi 1817; L= 0,715, A= 0,545 (Figs. 3.5, 6)

Procedencia estratigráfica y geográfica. Hasta el momento la especie está registrada en niveles del Aptiano en la sección aflorante de la Formación D-129 en Cerro Chenque, provincia del Chubut (Hechem *et al.*, 1987; Musacchio y Simeoni,

1991). En este trabajo, Perfil Quebrada Don Nielsen, Santa Cruz, Argentina, muestras QDN4C, QDN5, QDN11, QDN62, Formación Piedra Clavada, Albiano temprano a Albiano tardío bajo.

Observaciones. En el presente estudio la especie está representada por ejemplares adultos y juveniles y junto con *Theriosynoecum herreriensis* (Musacchio y Chebli, 1975) constituyen las especies más abundantes de la asociación.

Familia CYPRIDIDAE Baird, 1850

Subfamilia CYPRIDINAE Baird, 1845

Género **Petrobrasía** Krömmelbein, 1965

Especie tipo. *Dolerocypris?* *marfnensis* Krömmelbein, 1962, p. 489, lám. 58, fig. 38.

Petrobrasía sp.

Figura 3.7

Material. Una valva izquierda, MLP-Mi 1819.

Descripción. Valva izquierda de tamaño pequeño, de contorno subtrapezoidal redondeado en vista lateral. Borde anterior asimétricamente redondeado, más destacado anteroventralmente; borde posterior aguzado hacia la mitad inferior de la valva. Borde dorsal casi recto con ángulo cardinal anterior marcado y borde posterior con una amplia concavidad en la parte media. Superficie externa ornamentada por finas costillas longitudinales dispuestas paralelas entre sí y a la periferia, más notorias en la mitad inferior de la valva, paralelas a los bordes anterior y ventral. Caracteres internos no observados.

Dimensiones (en mm). Espécimen ilustrado MLP-Mi 1819; L= 0,76, A= 0,165.

Procedencia estratigráfica y geográfica. Perfil Quebrada Don Nielsen, Santa Cruz, Argentina, muestra QDN5, Formación Piedra Clavada, Albiano temprano a Albiano tardío bajo.

Observaciones. Se trata de una valva izquierda en regular estado de preservación. El género *Petrobrasía* es característico de las facies continentales del Cretácico Temprano de las cuencas del nordeste de Brasil y del oeste y centro de África. Ha sido definido como de caparazón de tamaño mediano a grande, subtriangular a subtrapezoidal en vista lateral con la mayor altura en posición media o media anterior y ornamentación lisa o frecuentemente con costillas longitudinales finas paralelas entre sí y paralelas a los márgenes libres de la valva. Entre las especies con costillas, *P. tenuistriata* Krömmelbein (1965, lám. 14, fig. 18) de la Facies Wealden de la Cuenca de Recóncavo en Brasil, posee caparazón si bien de tamaño mediano, con una relación largo/alto menor que el material aquí estudiado. *Petrobrasía* sp. de Colin y Dépêche (1997,

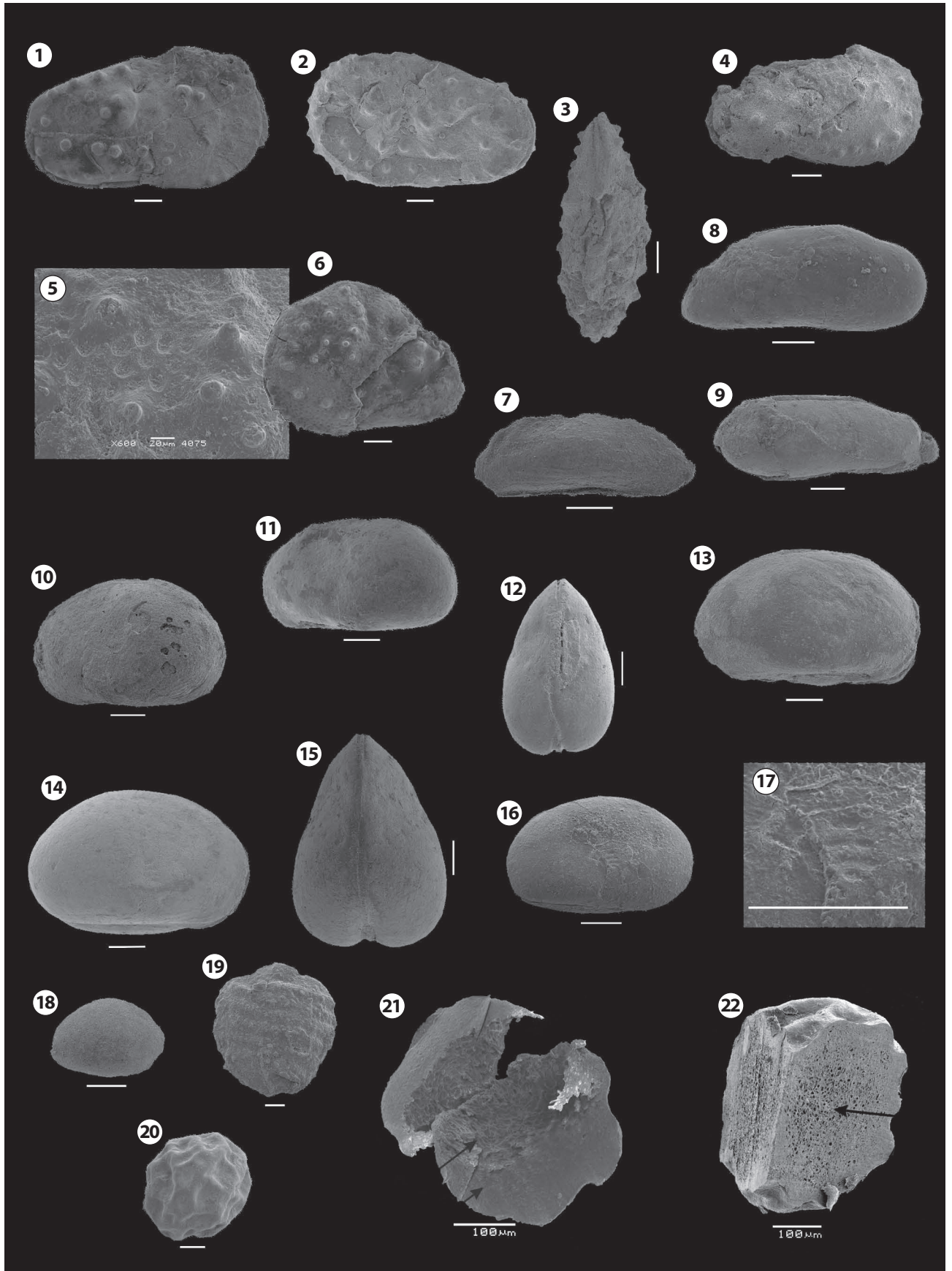


fig. 6.8) del intervalo Aptiano–Albiano temprano de cuencas del oeste de África es muy similar aunque tiende al contorno subtriangular con la mayor altura por delante de la parte media, en vez de contorno subtrapezoidal como en el presente ejemplar. Por su parte *Petrobrasia?* sp. (en Prámparo *et al.*, 2005, p. 108, fig. 7K) del Albiano de la Formación Lagarcito (provincia de San Juan, Argentina) es grande y robusto, con contorno subovooidal a subtriangular redondeado, con superficie externa lisa o con un puncteado muy tenue, dispuesto paralelo a la periferia del caparazón.

Registros de *Petrobrasia* han sido mencionados, aunque no ilustrados, para el Aptiano no marino de la Patagonia (véase Hechem *et al.*, 1987; Musacchio *et al.*, 1996).

Género *Mongolianella* Mandelstam, 1956

Especie tipo. *Mongolianella palmosa* Mandelstam, 1956 (en Moore y Pitrat, 1961, p. 223, lám. 156, figs. 4a–d).

Mongolianella sp.

Figura 3.8

Material. Varios caparazones mal preservados, una valva derecha y fragmentos, MLP-Mi 1818.

Descripción. Valva derecha de tamaño mediano, subovooidal en vista lateral con el borde anterior regularmente redondeado y borde posterior aguzado hacia la mitad inferior. Borde dorsal con una sección media recta y ligeramente descendente hacia atrás, con ángulos cardinales débilmente marcados. Borde ventral ampliamente cóncavo en la parte media. La mayor longitud de la valva se ubica en el tercio inferior y la mayor altura en posición media anterior. Superficie externa lisa. Caracteres internos no observados.

Dimensiones (en mm). Espécimen ilustrado MLP-Mi 1818, valva derecha: L= 0,556; A= 0,250.

Procedencia estratigráfica y geográfica. Perfil Quebrada Don Nielsen, Santa Cruz, Argentina, muestras QDN4C, QDN4D, Formación Piedra Clavada, Albiano temprano a Albiano tardío bajo.

Observaciones. Se trata de una valva derecha de un ejemplar juvenil. Si bien el género *Mongolianella* por diagnóstico posee tamaño grande a muy grande, en la literatura han sido referidas especies con menores dimensiones, aunque con caparazones más robustos que la presente, tales aquellas del Maastrichtiano continental de la India y Cretácico Tardío y Paleoceno del Desierto de Gobi (Bajpai y Whatley, 2001). *Mongolianella?* sp. (en Prámparo *et al.*, 2005, p. 108, fig. 7L) del Albiano de la Formación Lagarcito (provincia de San Juan, Argentina) es más robusto y posee contorno subovooidal más redondeado en vista lateral que la presente especie.

Superfamilia DARWINULOIDEA Brady y Norman, 1889

Familia DARWINULIDAE Brady y Norman, 1889

Género *Alicenula* Rossetti y Martens, 1998

Especie tipo. *Darwinula serricaudata* Klie (en Rossetti y Martens, 1998, p. 61, figs. 2 A–E; 24A–C, 27E).

Alicenula sp.

Figura 3.9

Material. Un caparazón, valvas y fragmentos, MLP-Mi 1820.

Descripción. Caparazón de tamaño mediano, subelipsooidal elongado en vista lateral y superficie externa lisa. Valva izquierda mayor que valva derecha. Borde dorsal ampliamente convexo en todo su recorrido, descendente hacia la parte anterior de la valva; borde ventral ligeramente cóncavo en la parte media anterior. Bordes anterior y posterior redondeados, el posterior más alto. La mayor longitud del caparazón se ubica en el tercio inferior y la mayor altura en

Figura 3. 1–6, *Neuquenocypris antiqua* Musacchio y Simeoni. **1**, MLP-Mi 1811, muestra/ sample QDN62, caparazón, vista lateral derecha/ carapace, right lateral view; **2**, MLP-Mi 1812, muestra/ sample QDN5, caparazón, vista lateral izquierda/ carapace, left lateral view; **3–4**, MLP-Mi 1813, muestra/ sample QDN 11, caparazón, **3**, vista dorsal; **4**, vista lateral derecha/ carapace, **3**, dorsal view, **4**, right lateral view; **5–6**, MLP-Mi 1817, muestra/ sample QDN5, fragmento de caparazón; **6**, detalle ornamentación/ **5**, fragment of carapace; **6**, detail of ornamentation; **7, *Petrobrasia* sp.**, MLP-Mi 1819, muestra/ sample QDN5, valva izquierda, vista externa/ left valve, external view; **8, *Mongolianella* sp.**, MLP-Mi 1818, muestra/ sample QDN4C, caparazón, vista lateral derecha/ carapace, right lateral view; **9, *Alicenula* sp.**, MLP-Mi 1820, muestra/ sample QDN5, caparazón, vista lateral derecha/ carapace, right lateral view; **10–18, *Theriosynoecum herreriensis*** (Musacchio y Chebli). **10**, MLP-Mi 1821, muestra/ sample QDN5, caparazón juvenil, vista lateral izquierda/ juvenile carapace, left lateral view; **11–12**, MLP-Mi 1822, muestra/ sample QDN5, caparazón juvenil/ juvenile carapace, **11**, vista lateral izquierda/ left lateral view, **12**, vista dorsal/ dorsal view; **13**, MLP-Mi 1824, muestra/ sample QDN5, caparazón masculino adulto?, vista lateral izquierda/ adult? male carapace, left lateral view; **14–15**, MLP-Mi 1823, muestra/ sample QDN5, caparazón adulto femenino/ female adult carapace, **14**, vista lateral derecha/ right lateral view, **15**, vista dorsal/ dorsal view; **16–17**, MLP-Mi 1827, muestra/ sample QDN4D, caparazón juvenil/ juvenile carapace, **16**, vista lateral derecha/ right lateral view, **17**, detalle de las impresiones de los músculos aductores/ detail of adductor muscle scars; **18**, MLP-Mi 1825, muestra/ sample QDN5, caparazón juvenil, vista lateral izquierda/ juvenile carapace, left lateral view; **19, *Charoideae*** indet., MLP-Mi 1834, muestra/ sample QDN11; **20–22, *Carpolithus* sp.**, **20**, LPPB-Pm1904a, muestra/sample QDN13, mostrando superficie externa de la semilla de apariencia reticulada/ showing the seed external surface with reticulate semblance, **21**, LPPB-Pm 1905, muestra/sample QDN62, marcando el espacio central hueco interno y la porción externa maciza de células engrosadas (flechas)/ showing the inner empty space and the external portion of thickened cells (arrows), **22**, LPPB-Pm 1904b, muestra/sample QDN13, marcando el engrosamiento de las paredes de las células del endosperma y la no diferenciación del embrión y el tejido seminal (flecha)/ showing the thickening of the endosperm cell walls and the undifferentiated embryo and seed tissue (arrow). Barra/ scale bar= 0.100 mm.

el tercio posterior. En vista dorsal es biconvexo elongado con el mayor ancho posteriormente. Morfología interna imperfectamente conocida; impresiones musculares en diseño “en roseta” característico de los Darwinulidae, ubicadas en posición media de la valva, por delante del punto que indica la mitad de la máxima longitud.

Dimensiones (en mm). Espécimen ilustrado MLP-Mi 1820; L= 0,655; A= 0,250; a= 0,220.

Procedencia geográfica y estratigráfica. Perfil Quebrada Don Nielsen, Santa Cruz, Argentina, muestra QDN5, Formación Piedra Clavada, Albiano temprano a Albiano tardío bajo.

Observaciones. Especies con ciertas semejanzas externas son *A. aff. oblonga* (Roemer) de Musacchio, 1970 (lám. 3, figs. 8, 9) del Barremiano de la Formación La Amarga (Cuenca Neuquina) y *A. martinsi* (Silva) en Do Carmo *et al.*, 2004 (figs. 3.21–3.27) del Aptiano del Miembro Crato de la Formación Santana (Cuenca de Araripe, Brasil). Sin embargo la preservación regular del presente material impide una mejor comparación a nivel específico.

Superfamilia CYTHEROIDEA Baird, 1850

Familia LIMNOCYTHERIDAE Klie, 1938

Subfamilia TIMIRIASEVIINAE Mandelstam, 1960

Género ***Theriosynoecum*** Branson, 1936

Especie tipo. *Morrisonia wyomingensis* Branson (en Moore y Pitrat, 1961 p. 312, figs. 239, 1).

Theriosynoecum herreriensis

(Musacchio y Chebli, 1975)

Figura 3.10–3.18

1975 “*Gomphocythere*” *herreriensis* Musacchio y Chebli, p. 84, lám.2, figs. 15-19.

1988a *Theriosynoecum riomayoensis* (Masiuk y Viña), p. 108, lám. 3, fig. 4.

Material. Cien caparazones adultos y juveniles. MLP-Mi 1821-1833.

Breve descripción. Caparazón de tamaño mediano, fuertemente dimórfico. Forma femenina subtrapezoidal redondeada en vista lateral, muy inflada posteriormente y comprimida anteriormente; contorno con forma de corazón en vista dorsal. Forma masculina subrectangular en vista lateral, más comprimida que la forma femenina y biconvexa en vista dorsal. Ambas formas poseen un amplio surco poco profundo en posición dorsal media- anterior y la presencia de una cresta muy poco desarrollada a lo largo del borde ventral, ligeramente más notoria en los últimos estadios juveniles. La

ornamentación consiste en un reticulado fino que cubre la totalidad de la superficie externa, el cual en la región ventral y ántero-ventral está dispuesto paralelo a los márgenes libres. Los ejemplares juveniles tienden al contorno subelipsoidal.

Dimensiones (en mm). Especímenes ilustrados:

MLP-Mi 1821; L= 0,550, A= 0,370, a= 0,360 (Fig. 3.10)

MLP-Mi 1822; L= 0,535, A= 0,300, a= 0,335 (Figs. 3.11, 12)

MLP-Mi 1824; L= 0,615, A= 0,360, a= 0,350 (Fig. 3.13)

MLP-Mi 1823; L= 0,600, A= 0,370, a= 0,450 (Fig. 3.14, 15)

MLP-Mi 1827; L= 0,460, A= 0,270, a= 0,270 (Fig. 3.16, 17)

Procedencia geográfica y estratigráfica. La especie fue definida del Aptiano en las cercanías de Paso de Indios, en la provincia del Chubut (Musacchio y Chebli, 1975). Masiuk y Viña (1988a) la reconocieron en el Berriasiano tardío del subsuelo de la Cuenca del Golfo San Jorge. En este trabajo, Perfil Quebrada Don Nielsen, Santa Cruz, Argentina, muestras QDN4D, QDN5, Formación Piedra Clavada, Albiano temprano a Albiano tardío bajo.

Observaciones. Esta especie fue originalmente incluida en “*Gomphocythere*” (Musacchio y Chebli, 1975, p. 84). Si bien coincide en su morfología externa con la de los géneros *Cytheridella* Daday y *Gomphocythere* Sars (ambos Timiaseviinae actuales), siguiendo la propuesta de Van Morkhoven (1963) y muchos autores (véase por ejemplo, Carbonel *et al.*, 1988; Colin y Dépêche, 1997) las formas fósiles de similar morfología del Jurásico y Cretácico Inferior son acomodadas en *Theriosynoecum* y se reserva el uso de aquéllos para material reciente.

T. herreriensis es una especie marcadamente dimórfica y de fácil identificación; está representada por poblaciones con ejemplares adultos y varios estadios juveniles. Conjuntamente con *N. antiqua* constituyen las especies más abundantes en la asociación estudiada.

Clase CHAROPHYCEAE Smith 1938

Orden CHARALES Lindley 1836

Suborden CHARINEAE Feist y Grambast-Fessard 1991

Familia CHARACEAE Agardh 1824

Subfamilia CHAROIDEAE Braun 1897

Charoideae indet.

Figura 3.19

Material. Cinco girogonites.

Dimensiones (en mm). Espécimen ilustrado MLP-Mi 1834; LPA= 0,645; LED= 0,615.

Procedencia geográfica y estratigráfica. Perfil Quebrada Don Nielsen, Santa Cruz, Argentina, muestra QDN11, Formación Piedra Clavada, Albiano temprano a Albiano tardío bajo.

Observaciones. Se trata de girogonites aplastados y en mal estado de preservación, de tamaño pequeño a mediano, con aproximadamente siete u ocho vueltas en vista lateral, de contorno prolado esferoidal a subprolado, subvoidales. Guardan semejanzas en el contorno general con Charoideae gen. *et sp. indet.* de Musacchio, 2000 (p. 214, fig. 2a) del Valanginiano de la Cuenca del Golfo de San Jorge, aunque los ejemplares aquí estudiados poseen más vueltas en vista lateral. Debido al estado de preservación no es posible una determinación más exacta.

División ANGIOSPERMAE Lindley 1830
Morfogénero ***Carpolithus*** Linnaeus
emend. Seward 1917

Especie tipo (sintipos). *Carpolithus bucklandi* (Will. M.S.) Lindley y Hutton (en Seward 1917, p. 498, fig. 584a); *Carpolithus conica* Lindley y Hutton (en Seward 1917, p. 498, figs. 584b–584c).

***Carpolithus* sp.**

Figura 3.20–3.22

Material. Siete especímenes de la muestra QDN 13 (LPPB-Pm-1904) y nueve de la muestra QDN 62 (LPPB-Pm-1905).

Descripción. Semillas esferoidales (terete) muy pequeñas (0,300–0,500 mm de diámetro), presentan una apariencia externa reticulada con gruesos bordes poligonales que dejan superficies en forma de rombos o hexágonos deprimidas de 80–150 μm de diámetro (Fig. 3.20). No se observa testa (cubierta seminal) o sólo preserva una de las capas más internas en forma de una delgada capa de células compactas de menor tamaño, con presencia de ceras y/o cutícula en forma esporádica. La superficie externa, si bien de apariencia reticulada a menos de 190 aumentos, posee una textura lisa (a más de 190 aumentos), presentando en el centro de los hexágonos deprimidos, marcas de fibras muy delgadas (1,6 μm de ancho por más de 20 μm de largo, a 1400 aumentos) dispuestas en varias direcciones en el plano horizontal. En corte transversal muestran células internas isodiamétricas, facetadas, del orden de 8–14 μm de diámetro, con paredes celulares bien conformadas y engrosadas de 2–2,5 μm de espesor (Fig. 3.21). Las semillas se presentan macizas, con células de paredes primarias engrosadas (tejido nutricio) o dejando un espacio central hueco en forma de elipse angosta que ocupa menos de 1/8 del volumen interno de la esfera sin evidencia de tejido celular (Fig. 3.22).

Dimensiones. Especímenes ilustrados: LPPB-Pm 1904a (Fig. 3.20) de 0,45 mm de diámetro y LPPB-Pm 1904b (Fig. 3.22) de 0,3 mm de diámetro, procedentes de la muestra

QDN13; LPPB-Pm 1905 (Fig. 3.21) de 0,5 mm de diámetro, procedente de la muestra QDN62.

Procedencia geográfica y estratigráfica. Perfil Quebrada Don Nielsen, Santa Cruz, Argentina, muestras QDN13, QDN62, Formación Piedra Clavada, Albiano temprano a Albiano tardío bajo.

Observaciones. La forma de las células centrales, el engrosamiento de sus paredes celulares, la presencia de la capa más interna de la testa (endocarpo), la organización de las células en las paredes del cuerpo y la preservación de contenidos celulares, permiten reconocer estos microfósiles como semillas con caracteres primitivos (albuminadas con embrión no diferenciado del tejido nutricio) correspondientes a la División Angiospermae. Estos caracteres son generalizados sólo en formas basales de angiospermas (Floyd y Friedman, 2000; Linkies *et al.*, 2010).

La excelente preservación de varios caracteres anatómicos internos permitirá realizar futuros estudios más detallados y comparados sobre estos ejemplares para discernir posiciones sistemáticas más precisas. En el presente trabajo, siguiendo bibliografía de semillas cretácicas (Seward, 1917; Chandler, 1958; Tiffney, 1984; Manchester, 1994, entre otros), se asigna el material a una categoría informal correspondiente al morfotipo de semilla *Carpolithus* Linnaeus *emend.* Seward (Seward, 1917, p. 364–365), quedando descriptas aquí como *Carpolithus* sp. correspondiente a la División Angiospermae.

Existen muy pocas citas de semillas angiospermoides del Cretácico en Argentina. Para localidades muy cercanas a la aquí estudiada, Frenguelli (1953) describió compresiones de semillas con un estado regular de preservación, más grandes que las aquí descriptas (de 3 a 6 mm). Sobre la base de nuevos estudios, es posible reconocer que las mismas provienen de la sección más alta de la Formación Piedra Clavada; Frenguelli las había atribuido a la Formación Mata Amarilla (Iglesias *et al.*, 2007). En Chubut, compresiones de frutos con semillas similares a *Nelumbo* Adans (Nelumbonaceae) fueron descriptas para el Cretácico Tardío de la Formación La Colonia por Gandolfo y Cúneo (2005); también en este caso, las estructuras reproductivas son de mayor tamaño (3–6 mm en diámetro) que las del presente trabajo. En la Cuenca Neuquina, semillas y estructuras reproductivas angiospermoides provenientes de la Formación Portezuelo (Cretácico Tardío) han sido asignadas por Passalia *et al.* (2008) a dos especies de *Carpolithes* Schlotheim de mayor tamaño (5 y 15 mm de largo), de contorno elíptico, simetría radial y testa o cubierta bien desarrollada. El único registro conocido en Argentina

de semillas con características angiospérmicas y de tamaño tan pequeño proviene del Cretácico Tardío de Mendoza (Musacchio y Vallati, 2007), cuyas semillas de entre 0,450 a 0,800 mm de largo, presentan formas elongadas y poseen células fuertemente cutinizadas con características muy diferentes a las aquí descritas.

Semillas muy similares en tamaño y forma fueron recuperadas por uno de los autores (A.P.C.) mediante tamizado y *picking* de sedimentos del Cretácico Tardío de la Formación Loncoche en la provincia de Mendoza y de la Formación Ciénaga del Río Huaco en la provincia de San Juan. Trabajos de anatomía comparada más detallados que se están realizando permitirán determinar si las plantas productoras de este tipo de semillas tuvieron una distribución más amplia que la referida en este trabajo y, probablemente, asignaciones sistemáticas más precisas.

DISCUSIÓN

Características de la asociación recuperada

La microfauna calcárea recuperada está representada por abundantes ostrácodos; la preservación de los ejemplares es regular y sólo ocasionalmente mantienen su conchilla original estando en su mayoría preservados como moldes, lo que favorece la observación de algunos caracteres morfológicos internos. Conforman una asociación de baja diversidad representada por cinco especies de ambientes continentales de las familias Ilyocyprididae, Cyprididae, Darwinulidae y Limnocytheridae. En las muestras analizadas por *picking* son frecuentes los dientes de peces.

Con respecto a la composición microflorística, fueron hallados escasos girogonites de carofitas en regular estado de preservación, que se asignan a la Familia Characeae. Las semillas recuperadas se asignan al morfogénero *Carpolithus* dentro de la División Angiospermae.

Comentarios sobre los taxones de ostrácodos reconocidos

El género *Neuquenocypris* fue definido por Musacchio (1973) como un subgénero de *Ilyocypris* para acomodar ilyocyprídidos de tamaño medio a grande, con caparazón subrectangular con el borde dorsal marcadamente descendente y comprimido lateralmente, con cubrimiento reverso o normal, con dos surcos subdorsales poco desarrollados y superficie externa ornamentada por espinas, papilas, mamelones y puntuaciones gruesas. Si bien de probable origen en facies lacustres del Jurásico Medio de Francia (Ballent *et al.*, 1996), el género ha sido reconocido en Argentina con una amplia distribución desde el Aptiano al Paleoceno, siendo *N. anti-*

qua del Aptiano de Chubut el registro más antiguo (Musacchio y Simeoni, 1991). Ha sido registrado también en el Cretácico Tardío de Brasil (Turoniano–Santoniano, Formación Adamantina y Maastrichtiano, Formación Marília, Grupo Bauru, Dias-Brito *et al.*, 2001) y de Bolivia (Maastrichtiano, Formación El Molino, Cordillera Oriental, Camoin *et al.*, 1991). Fuera de América del Sur, el género está representado por *Neuquenocypris colleti* (Babinot) del Cretácico Tardío de Francia (Babinot *et al.*, 1995 y referencias allí citadas) y Cárpatos Occidentales, Eslovaquia (Pipík *et al.*, 2009).

Siguiendo la propuesta de clasificación de Martens (1995), la Subfamilia Timiriaseviinae está diagnosticada por la presencia de una cámara incubadora o cámara de cría en la parte posterior del caparazón. Incluye entre otros los taxones actuales *Gomphocythere* Sars, distribuido en África y Oriente Medio y *Cytheridella* Daday que posee una fuerte presencia en América del Sur y América del Norte, África y Australia (Park y Martens, 2001; Savatentalinton *et al.*, 2008). En el registro fósil el timiaseviino que los reúne con similar morfología es *Theriosynoecum* Branson (Carbonel *et al.*, 1988; Savatentalinton *et al.*, 2008).

Theriosynoecum es de distribución cosmopolita y es frecuente en asociaciones de agua dulce del Jurásico y Cretácico Temprano. Algunos ejemplos en asociaciones de Argentina son *T. barrancalensis* (Musacchio *et al.*, 1990) del Jurásico Medio-Tardío de Chubut; *T. neuquenensis* (Musacchio, 1970) y *T. neuquenensis alata* (Simeoni y Musacchio, 1986) de probable edad barremiana y hauteriviana respectivamente, en la provincia del Neuquén. Francamente abundantes son los registros del Berriasiano–Valanginiano en el subsuelo de la Cuenca del Golfo San Jorge en la provincia del Chubut (Masiuk y Viña, 1988a, b). También son elementos característicos en asociaciones del Aptiano–Albiano de Brasil y Sudáfrica (Colin y Dépêche, 1997).

El género *Alicenula* fue creado por Rossetti y Martens (1998) sobre la morfología de sus partes blandas. En lo que respecta a sus partes duras (valvas), se diferencia de *Darwinula* Brady y Norman en sus menores dimensiones y en su cubrimiento, que es reverso en este último. Posee asimismo un contorno elongado que lo diferencia de otros Darwinulidae definidos por Rossetti y Martens (1998). Está ampliamente distribuido en ambientes dulceacuícolas modernos particularmente de Brasil y Sudáfrica (Rossetti y Martens, 1998). En el registro fósil, sin duda el avance del conocimiento basado en comparaciones con análogos modernos, confirmará una amplia distribución estratigráfica y geográfica para este taxón. Revisiones sistemáticas preliminares basadas en estu-

dios conjuntos de apéndices y valvas de Darwinulidae (Balleng *et al.*, 2005) han reconocido la presencia de *Alicenula* en el Cretácico Temprano de la Cuenca Neuquina. Otros registros fósiles son los del Jurásico Medio–Tardío de Gran Bretaña (Martens *et al.*, 2003; Wakefield, 2009).

Mongolianella Mandelstam y *Petrobrasia* Krömmelbein son cypridoideos típicos de ambientes lacustres del Cretácico Inferior de cuencas costeras brasileñas y que han sido también reconocidos en el Albiano de la Formación Lagarcito en la provincia de San Juan (Prámparo *et al.*, 2005).

CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS

La asociación microfaunística hallada permite realizar una comparación con los requerimientos ecológicos de *Cytheridella* Daday, homeomorfo de *Theriosynoecum*, y de amplia distribución en ambientes actuales en América del Sur, particularmente Argentina y Brasil. Especies recientes de *Cytheridella* viven en ambientes permanentes y poco profundos de agua dulce, con temperaturas templado-cálidas y abundante vegetación acuática. En Brasil, Purper (1974) reconoció *Cytheridella ilosvayi* Daday en charcas contiguas a albuferas unidas al mar por un pequeño río, sobre un sustrato de arena fangosa con hojarasca en descomposición. La especie ha sido reconocida por Laprida (2006) en distintos sitios de la provincia de Buenos Aires, Argentina, en ambientes temporarios y semipermanentes, demostrando ser tolerante a variaciones en la composición iónica de las aguas. Según Kotzian (1974), en ambientes ricos en materia orgánica en descomposición y de fondo barroso, los ostrácodos más frecuentes son los darwinuloideos y *Cytheridella*.

Cytheridella también ha sido reconocida en ambientes oligohalinos (véase Colin *et al.*, 1997), acompañando a *Cyprideis* Jones, taxón de ambientes de aguas salobres, lagunas y marismas, estuarios y áreas con fuerte influencia de agua dulce. Zabert y Herbst (1986) refirieron *C. aff. ilosvayi* en el Pleistoceno del arroyo Perucho Verna (Entre Ríos) a un cuerpo de agua somero, con cierta turbidez y poco movimiento, fondo areno-limoso y con abundante vegetación flotante y enraizada. Asimismo otros Timiriaseviinae vivientes, tales como *Metacypris cordata* Brady y Robertson, abundan en áreas costeras de lagos viviendo sobre o en matas de macrofitas flotantes (Meisch, 2000).

Theriosynoecum herreriensis fue descripta para el Aptiano de cercanías de Paso de Indios, en la provincia del Chubut (Musacchio y Chebli, 1975) conformando una asociación de ostrácodos continentales con especies de *Cypridea* Bosquet y carofitas. Por su parte *Theriosynoecum neuquensis alata*

(Simeoni y Musacchio) del Hauteriviano de la Formación Agrio en la localidad El Marucho (Neuquén) se registra junto a escasos foraminíferos polimorfínicos de ambiente presumiblemente mixto (Simeoni y Musacchio, 1986, p. 92).

Alicenula, así como otros darwinuloideos vivientes y fósiles, son encontrados en un amplio rango de ambientes dulceacuícolas, incluyendo lagos, lagunas, cursos efímeros de agua y hasta de hábitos semiterrestres (Rossetti y Martens, 1998). Son de amplia distribución, toleran las temperaturas más variadas y en Argentina han sido encontrados en biotopos tan exclusivos como manantiales de aguas termales a 4026 metros sobre el nivel del mar en la provincia de Catamarca (Laprida *et al.*, 2006).

Los otros taxones recuperados que no tienen representantes vivientes, tales como *Petrobrasia* y *Mongolianella*, son claros componentes de microfaunas de sedimentos lacustres que rellenan las cuencas intracratónicas del Cretácico Inferior del este de Brasil y oeste de África (Colin y Dépêche, 1997).

Las carofitas habitan cuerpos de agua someros, de baja energía y bien iluminados. Son algas típicamente lacustres y palustres, aunque hay especies que también han colonizado algunos medios transicionales como deltas, albuferas y sistemas salobres litorales (Martin-Closas y Gómez, 2007). Las Characeae actuales comprenden mayormente especies dulceacuícolas, así como algunas que han colonizado satisfactoriamente albuferas y unas pocas que viven en ambientes marinos de baja salinidad, como el Mar Báltico (Feist y Guerlesquin, 2005).

Las carofitas demuestran tener ciertas preferencias o ser tolerantes a cambios sobre todo en la profundidad del cuerpo de agua y en la salinidad (García, 1994). Especies litorales quedan frecuentemente expuestas a condiciones subaéreas cuando desciende el nivel del agua, en cuyo caso desarrollan un mucus a modo de protección contra la desecación y depredación de invertebrados. Otras especies, por su parte, prefieren profundidades de hasta 40 metros (García, 1994). Con respecto a la salinidad se mencionan especies típicamente dulceacuícolas hasta otras de ambientes salinos a hipersalinos, como es el ejemplo de *Lamprothamnium* Groves acompañado de foraminíferos y ostrácodos de ambientes salobres en sedimentos holocenos de las Salinas del Bebedero, en la provincia de San Luis (García, 1994 y referencias allí citadas).

Una comparación cercana con el paleoambiente albiano de Quebrada Don Nielsen es aquella con un paleoambiente del Cretácico Superior de los Cárpatos estudiada por Pipík

et al. (2009). La misma está formada por el timiriaseviino *Rosacythere* Colin y Danielopol, carofitas, abundantes restos de la Dasycladaceae dulceacuicola *Munieria* (con una morfología externa similar en aspecto a las carofitas) hospedando también una especie de *Neuquenocypris* Musacchio. El sustrato vegetal ofrece un microhábitat propicio para protección de los ostrácodos contra depredadores, y las carofitas, en especial, constituirían el aporte mayoritario de alimento (Mbahinzireki *et al.*, 1991). En la localidad estudiada en el presente trabajo, la abundante cantidad de material vegetal continental (hojas, leños y briznas) en los sedimentos, así como los registros palinológicos de briófitas, helechos, gimnospermas y angiospermas referidos por Archangelsky *et al.* (2008), dan cuenta de la presencia de un importante sustrato vegetal.

La presencia de poblaciones formadas por ejemplares adultos y varios estadios juveniles en las dos especies de ostrácodos más abundantes, *N. antiqua* y *T. herreriensis*, indicaría un ambiente de depositación con ausencia de fuertes corrientes y con escaso o nulo transporte post-depositacional. En el análisis comparado con las tipificaciones para modelos recientes (Whatley, 1983), las estructuras poblaciones de ambas especies se adjudican al Tipo A que corresponde a biocenosis de baja energía.

El crecimiento de los ostrácodos es discontinuo; a medida que crece, el animal se desprende del caparazón y genera uno nuevo, más grande. El viejo caparazón, al desintegrarse el ligamento por acción bacteriana, queda en el fondo con sus valvas desarticuladas. La situación a esperar en una población de ambiente de baja energía sería con los juveniles desarticulados y con los adultos, dependiendo de sus caracteres morfológicos, como caparazones o valvas aisladas. Sin embargo, en nuestro caso encontramos la totalidad de los ejemplares de *N. antiqua* y *T. herreriensis* como valvas articuladas (caparazones). Se han referido entonces en la literatura “situaciones catastróficas” como las causantes de una mortandad en masa. Por ejemplo, un cambio brusco en el régimen de sedimentación (que provocaría un rápido enterramiento), o cambios en las propiedades del agua, tales como disminución en el contenido de oxígeno, aumento severo de la temperatura o salinidad. En nuestro caso, el influjo de aguas con mayor salinidad (avalado por la irrupción de niveles coquinosos con ostreidos) podría no haber sido tolerado por los ostrácodos involucrados, típicos de aguas dulces o débilmente salobres, provocando su mortandad en masa.

La abundante cantidad de las semillas angiospérmicas de pequeño tamaño (recuperadas en menos de 6 gramos de

muestra seca) y con caracteres primitivos dentro del grupo (endosperma copioso y embrión muy pequeño o no diferenciable del tejido de reserva), conjuntamente con su asociación a ostrácodos de agua dulce y algas carofitas permite indicar que las plantas que las producían vivían muy cerca de la costa o directamente dentro del cuerpo de agua, es decir plantas hidrófilas o acuáticas.

Afinidades y edad

Los ostrácodos reconocidos no son indicadores de un rango de edad acotado. En cambio, plantean interesantes afinidades con las microfaunas cretácicas de la Cuenca del Golfo San Jorge. *T. herreriensis* está presente en el Berriasiano tardío del subsuelo del sector occidental de la cuenca (Masiuk y Viña 1988a); asimismo, junto con *N. antiqua*, está presente en afloramientos aptianos del Chubut (Musacchio y Chebli, 1975; Hechem *et al.*, 1987). Afinidades en los contenidos palinológicos de la Formación D-129 en la Cuenca del Golfo San Jorge y microfloras coetáneas de Santa Cruz han sido demostradas por Vallati (1996); además, comparaciones en los contenidos palinológicos de algunas perforaciones de la parte sudoccidental de la Cuenca del Golfo San Jorge con los del área tipo de la Formación Piedra Clavada en Cuenca Austral fueron efectuados por Archangelsky *et al.* (2008). Dada la cercanía geográfica entre ambas áreas, el transporte eólico podría haber sido un posible agente de dispersión de los microfósiles (Musacchio, 2001). La dispersión por reptiles terrestres o semiacuáticos, transportando ostrácodos en el barro adherido a su cuerpo y patas ha sido postulado por Whatley (1992) así como el transporte de semillas y carofitas por parte de reptiles herbívoros de hábitat palustre y hábito migratorio (Tiffney, 2004; Martin-Closas y Serra-Kiel, 2007). Esta hipótesis de dispersión sería plausible dado los frecuentes registros de vertebrados en sedimentos coetáneos de Patagonia (Leanza *et al.*, 2004; Novas, 2007; Rauhut y López Albarello, 2008).

CONCLUSIONES

En la presente contribución se reconocen y describen por primera vez microfósiles calcáreos (ostrácodos y girogonites de carofitas) y semillas de angiospermas primitivas del Albiano temprano a Albiano tardío bajo, provenientes de la Formación Piedra Clavada en su área tipo, en la sección Quebrada Don Nielsen, sudoeste de la provincia de Santa Cruz, Argentina.

Los datos paleoambientales proporcionados por la microfauna condicen con la existencia de lagunas o cuerpos de agua someros. Estos cuerpos se habrían desarrollado en una sección sedimentaria mayormente deltaico-marina (Arbe, 2002; Poiré

et al., 2002). Los ostrácodos vivían en esos cuerpos someros, de aguas tranquilas y de muy baja salinidad, con abundante vegetación y materia orgánica en descomposición y fondo barroso. Un influjo de agua con mayor contenido salino, que transportó a la vez bivalvos marinos (mayoritariamente ostreidos), podría haber provocado la muerte en masa de la meiofauna. La regular preservación de los fósiles calcáreos probablemente esté ligada a las condiciones reductoras de las facies pelitas portadoras, mientras que al mismo tiempo favorecieron la muy buena preservación de las semillas y restos vegetales.

De acuerdo a Poiré *et al.* (2002), el paleoambiente de deposición de la Formación Piedra Clavada correspondería a un área deltaica sumergida en facies de prodelta, frente deltaico, bahías y canales interdistributarios y facies de *shoreface* o playa. Por su parte, el nivel de ostrácodos netamente continentales alude para este horizonte pelítico a condiciones litorales mixtas, posiblemente albufericas pantanosas, lo cual es consistente con la intercalación eventual de niveles de bivalvos marinos.

Los microfósiles reconocidos, en particular los ostrácodos, plantean interesantes afinidades con las microfaunas cretácicas de la Cuenca del Golfo San Jorge. Dada la cercanía geográfica entre ambas áreas, el transporte eólico y los agentes biológicos podrían haber actuado como posibles agentes de dispersión.

El hallazgo de *Carpolithus* sp. corresponde al registro más antiguo de semillas de angiospermas con preservación de la anatomía interna y de una edad evidentemente temprana para el grupo a nivel global. El tamaño de estas semillas es uno de los más pequeños registrados para el período Cretácico, hecho que indica que el registro fósil de estas formas podría estar en parte sesgado por las técnicas de prospección megascópicas aplicadas tradicionalmente en la paleobotánica, o por el contrario los filtros muy finos utilizados en paleopalínología. La prospección para microfósiles parece ser la herramienta correcta para la búsqueda de semillas de estas angiospermas primitivas.

La abrupta aparición y rápida diversificación de las angiospermas que se observa a mediados del Cretácico (Albiano–Cenomaniano), sumado al escaso registro existente de estructuras reproductivas, remarca el interés de este hallazgo y amerita un estudio más detallado de estos ejemplares en un contexto morfológico y evolutivo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de A. Varela, J.P. Pérez Panera, S. Richiano, C. Koefoed, A. Zamuner y J. Hellawell en las tareas de campo. A la Secretaría de Cultura de la provincia de Santa Cruz y a los estancieros Waring, Rolón,

Bertotti y Pichinini por los permisos de trabajo. A la Comisaría, Escuela y Comisión de Fomento de la Ciudad de Tres Lagos, y al Sr. M. Ferrari por su logística en tareas de campo. S. Apestegeña (Fundación Félix de Azara, Buenos Aires) y F. Novas (Museo Argentino de Ciencias Naturales, Buenos Aires) proveyeron útil bibliografía solicitada. Los autores agradecen a los árbitros anónimos y al Comité Editor de la revista los atinados comentarios y sugerencias aportados durante la etapa de revisión. Este trabajo se ha financiado con subsidios del CONICET (PIP 0819 y PIP1016) y de la Universidad Nacional de La Plata (N589, N507 y N633).

BIBLIOGRAFÍA

- Arbe, H. A. 2002. Análisis estratigráfico del Cretácico de la Cuenca Austral. En: M.J. Haller (Ed.), *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz. 15º Congreso Geológico Argentino* (El Calafate), *Relatorio*, p. 103–128.
- Archangelsky, A., Archangelsky, S., Poiré, D.G. y Canessa, N.D. 2008. Registros palinológicos en la Formación Piedra Clavada (Albiano) en su área tipo, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, nueva serie* 10: 185–198.
- Babinot, J.-F., Colin, J.-P. y Tambareau, Y. 1995. Late Cretaceous non-marine ostracods from Europe: biostratigraphy, palaeobiogeography and taxonomy. *Cretaceous Research* 17: 151–167.
- Bajpai, S. y Whatley, R. 2001. Late Cretaceous non-marine ostracods from the Deccan Intertrappean Beds, Kora (western Kachchh, India). *Revista Española de Micropaleontología* 33: 91–113.
- Ballent, S., Laprida, C. y Díaz, A. 2005. Clasificación de los ostrácodos (Crustacea) de ambientes modernos y fósiles de Argentina. Reivindicación de la morfología de sus valvas. *Ameghiniana, Suplemento Resúmenes* 42: 14R.
- Ballent, S., Whatley, R. y Oertli, H. 1996. Pandemism in Mesozoic non-marine Cypridacean Ostracoda. *Ameghiniana* 33: 227–228.
- Branson, C.C. 1936. New name for a Morrison ostracode genus. *Journal of Paleontology* 10: 323.
- Braun, A. 1897. En Migula, W. 1987. Die Characeen. En: G. L. Rabenhose (Ed.), 1890–1897. *Kryptogamen-flora von Deutschland, Oesterreichs und der Schweiz, Band 5*. Edward Kummer; Leipzig, 765 p.
- Caballero, J.O. 1975. [Informe geológico pozos YPFSC.APC.x-4, YPF SC.APC.x-5, Piedra Clavada, Departamento Lago San Martín, provincia de Santa Cruz. Informe interno de YPF, Río Gallegos. Inédito.].
- Camoin, G., Rouchy, J.-M., Babinot, J.-F., Deconinck, J.-F. y Tronchetti, G. 1991. Dynamique sedimentary et evolution paléogéographique d'un basin continental en position d'arrière-arc: le Maastrichtien de la Cordillère Orientale (Bolivie). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences du Paris* 312: 1335–1341.
- Carbonel, P., Colin J.-P., Danielopol, D. L., Löffler, H. y Neustrueva, I. 1988. Paleoeology of limnic ostracodes: a review of some major topics. *Palaogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 62: 413–461.
- Chandler M.E.J. 1958. Angiosperm fruits from the Lower Cretaceous of France and the Lower Eocene (London Clay) of Germany. *Annals and Magazine of Natural History* 1, serie 13: 354–358.
- Colin, J.-P. y Dépêche, F. 1997. Faunes d'ostracodes lacustres des bassins-cratoniques d'âge albo-aptien en Afrique de l'Ouest (Cameroun, Tchad) et au Brésil: considérations d'ordre paléocologique et paléobiogéographique. *Africa Geoscience Review* 4: 431–450.
- Colin, J.-P., Tambareau, Y. y Krashennikov, V.A. 1997. An early record of the genus *Cytheridella* Daday, 1905 (Ostracoda, Limnocytheridae, Timiriseviinae) from the Upper Cretaceous of Mali, West Africa: palaeobiogeographical and palaeoecological considerations. *Journal of Micropaleontology* 16: 91–95.
- Dias-Brito, D., Musacchio, E.A., de Castro, J.C., Maranhão, M.S.A.S., Suárez, J.M. y Rodrigues, R. 2001. Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil – concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isotópicos e estratigráficos. *Revista de Paleobiologia* 20: 245–304.

- Do Carmo, D.A., Rafael, R.M.L., Vilhena, R.M. y Tomassi, H.Z. 2004. Redescrición de *Theriosynoecium silvai* e *Darwinula martinsi*, Membro Crato (Formação Santana), Cretáceo Inferior, Bacia do Araripe, NE, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 7: 151–158.
- Feist, M. y Guerlesquin, M. 2005. Ecology and Paleoecology. En: Kaesler, R. (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology Part B Protoctista 1*, volume 1: Charophyta. The Geological Society of America, Inc. y The University of Kansas, Boulder, Colorado, y Lawrence, Kansas, p. 29–35.
- Floyd, S.K. y Friedman, W.E. 2000. Evolution of endosperm developmental patterns among basal flowering plants. *International Journal of Plant Sciences, Supplement* 161 (6): S57–S81.
- Fossa Mancini, E., Feruglio, E. y Yussen de Campana, J.C. 1938. Una reunión de geólogos de YPF y el problema de la terminología estratigráfica. *Boletín de Informaciones Petroleras* 171: 31–95.
- Frenguelli, J. 1953. La Flora fósil de la región del Alto Río Chalfá en Santa Cruz (Patagonia). *Notas del Museo de la Plata* 16: 239–257.
- Gandolfo, M.A. y Cúneo, R. 2005. Fossil Nelumbonaceae from the La Colonia Formation (Campanian–Maastrichtian, Upper Cretaceous), Chubut, Patagonia, Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 133: 169–178.
- García, A. 1994. Charophyta: their use in paleolimnology. *Journal of Paleolimnology* 10: 43–52.
- Hechem, J.J., Figari, E.G. y Musacchio, E.A. 1987. Cuenca del Golfo San Jorge. Hallazgo de la Formación D-129. Información estratigráfica y paleontológica. *Petrotecnia* 28: 13–15.
- Iglesias, A., Zamuner, A.B., Poiré, D. y Larriestra, F. 2007. Diversity, Taphonomy and Palaeoecology of an Angiosperm Flora from the Cretaceous (Cenomanian–Coniacian) in Southern Patagonia, Argentina. *Palaeontology* 50: 445–466.
- Kaesler, R. 2005 (Ed.). *Treatise on Invertebrate Paleontology Part B Protoctista 1*, volume 1: Charophyta. The Geological Society of America, Inc. y The University of Kansas, Boulder, Colorado, y Lawrence, Kansas, 170 p.
- Kirkbride, J.H., Gunn, C.R. y Dallwitz, M.J. 2006. Family Guide for Fruits and Seeds, vers. 1.0. (Acceso en 2010) URL: <http://nt.arsgrin.gov/sbml-web/OnlineResources/frsdfam/Index.cfm>
- Klie, W. 1938. Ostracoda, Muschelkrebse. En: F. Dahl (Ed.), *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeressteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise*, 34 (3). Gustav Verlag, Jena, 230 p.
- Kotzian, S. 1974. New fresh-water ostracodes of the genus *Chlamydotheca* from Brazil. Ecology, Geographic and Stratigraphical position. *Anais Academia Brasileira de Ciências* 46: 423–467.
- Krömmelbein, K. 1962. Zur Taxonomie und Biochronologie stratigraphisch wichtiger Ostracoden-Arten aus der oberjurassisch-unterkretazischen) bahia-Serie (Wealden-Fazies) NE-Brasilien. *Senckenbergiana lethaea* 43: 437–527.
- Krömmelbein, K. 1965. Neue, für Vergleiche mit West-Afrika wichtige Ostracoden-Arten der brasilianischen Bahia-Serie (nich-mariner Oberjura?-Unterkreide) NE-Brasilien. *Senckenbergiana lethaea* 46a: 177–213.
- Laprida, C. 2006. Ostrácodos recientes de la llanura pampeana, Buenos Aires, Argentina: ecología e implicancias paleolimnológicas. *Ameghiniana* 43: 181–204.
- Laprida, C., Díaz, A. y Ratto, N. 2006. Ostracods (Crustacea) from thermal waters, southern Altiplano, Argentina. *Micropaleontology* 52: 177–188.
- Leanza, H.A., Apesteguía, S., Novas, F.E. y de la Fuente, M.S. 2004. Cretaceous terrestrial beds from the Neuquén Basin (Argentina) and their tetrapod assemblages. *Cretaceous Research* 25: 61–87.
- Linkies, A., Graeber, K., Knight, C. y Leubner-Metzger G. 2010. The evolution of seeds. *New Phytologist* 186: 817–831.
- Manchester, S.R. 1994. Fruits and seeds of the Middle Eocene Nut Beds Flora, Clarno Formation, Oregon. *Palaeontographica Americana* 58: 1–205.
- Mandelstam, M.I. 1956. En: G.F. Schneider (Ed.), *Materialy po Paleontologii. Novye semeystva i rody: Ostracoda. Trudy Vsesoyuznogo Neftyanogo Nauchno-Issledovatel'skogo Geologo-Razvedochnogo Instituta (VNI-GRI), Novaya Seriya*, 12: 87–144; 306–323 (en ruso).
- Martens, K., 1995. On the validity and the taxonomic position of the Cytheridellini (Crustacea, Ostracoda, Limnocytheridae). *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* 92: 273–280.
- Martens, K., Rossetti, G. y Horne, D.J. 2003. How ancient are ancient asexuals? *Proceedings of the Royal Society of London B* 270: 723–729.
- Martin, J.W. y Davis, G.D. 2001. *An Updated Classification of the Recent Crustacea*. National History Museum of Los Angeles County, Science Series 39, 124 p.
- Martin-Closas, C. y Gómez, B. 2007. Taphonomy and paleoecology of lacustrine macrophytes in the Barremian of Spain. Adaptation and competition mechanisms of early angiosperms. *Programme and Abstract Book Limnogeology: Tales of an Evolving Earth*. 4th International Limnogeology Congress, Barcelona: 81.
- Martin-Closas, C. y Serra-Kiel, J. 2007. Biogeografía histórica de las clavatoráceas (carófitas fósiles). Estado actual del conocimiento. *Geogaceta* 41: 119–122.
- Masiuk, V. y Viña, F. 1988a. Ostrácodos no marinos del Cretáceo Inferior en el área occidental del Golfo San Jorge (II parte). *Boletín de Informaciones Petroleras, Tercera Época*, 14: 98–114.
- Masiuk, V. y Viña, F. 1988b. Ostrácodos no marinos del Cretáceo Inferior en el área occidental del Golfo San Jorge (III parte). *Boletín de Informaciones Petroleras, Tercera Época*, 15: 57–82.
- Mbahinzireki, G., Uiblein, F. y Winkler, H. 1991. Microhabitat selection of ostracods in relation to predation and food. *Hydrobiologia* 222: 115–119.
- Medina, F., Archangelsky, S., Guler, V., Archangelsky, A. y Cárdenas, O. 2008. Estudio bioestratigráfico integrado del perfil La Horqueta (límite Aptiano-Albiano), lago Cardiel, Patagonia, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, nueva serie* 10: 237–289.
- Meisch, C. 2000. *Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg-Berlin: 1–522.
- Moore, R. y Pitrat, C.W. 1961. *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part Q, Arthropoda 3*. Geological Society of America and University Kansas Press, Lawrence, 442 p.
- Musacchio, E.A. 1970. Ostrácodos de las superfamilias Cytheracea y Darwinulacea de la Formación La Amarga (Cretáceo inferior) en la provincia de Neuquén, República Argentina. *Ameghiniana* 7: 301–316.
- Musacchio, E.A. 1973. Charophyta y ostrácodos no marinos del Grupo Neuquén (Cretáceo superior) en algunos afloramientos de las provincias de Río Negro y Neuquén, República Argentina. *Revista del Museo de La Plata (nueva serie), Paleontología* 48: 1–32.
- Musacchio, E.A. 2000. Biostratigraphy and biogeography of Cretaceous charophytes from South America. *Cretaceous Research* 21: 211–220.
- Musacchio, E.A. 2001. Relaciones paleobiogeográficas de los ostrácodos no marinos del Jurásico y el Cretáceo de Patagonia. *Acta Geologica Leopoldensia* 24: 293–310.
- Musacchio, E.A. y Chebli, G. 1975. Ostrácodos no marinos y carófitas del Cretáceo inferior en las provincias de Chubut y Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 12: 70–96.
- Musacchio, E.A. y Simeoni, M. 1991. Taxonomy of some Cretaceous non-marine ostracods of palaeobiogeographical interest. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen* 180: 349–398.
- Musacchio, E.A. y Vallati, P. 2007. Late Cretaceous non marine microfossils of Plottier Formation (Cretaceous) at Zampal, Argentina. *Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. Cuaderno Geominero* 8: 273–278.
- Musacchio E.A., Berós, C. y Pujana, I. 1990. Microfósiles continentales del Jurásico y el Cretáceo en Chubut y su contribución a la bioestratigrafía de la Cuenca del Golfo de San Jorge, Argentina. En: W. Volkheimer (Ed.), *Bioestratigrafía de los Sistemas regionales del Jurásico y Cretáceo de*

- América del Sur*. Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico, Mendoza, p. 355–383.
- Musacchio, E.A., Vallati, P. y Simeoni, M. 1996. Microfósiles no marinos del Cretácico en Patagonia: sus relaciones con asociaciones brasileñas. *Boletim do 4º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil* (Río Claro), p. 189–193.
- Novas, F. 2007. Evolution of South American Dinosaurs. En: I. de Souza Carvalho, R. de Cassia Tardin Cassab, C. Schwanke, M. de Araujo Carvalho, A.C. Sequeira Fernandes, M.A.C. Rodrigues, M. Sardenberg Salgado de Carvalho, M. Arai y M.E. Queiroz Oliveira (Eds.) *Paleontología: Cenários de vida*, Editora Interciência, Rio de Janeiro, vol. 2, p. 333–353.
- Nullo, F.E., Panza, J.L. y Blasco, G. 1999. Jurásico y Cretácico de la Cuenca Austral. En: R. Caminos (Ed.), *Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Anales* 29 (17): 528–535.
- Park, L.E. y Martens, K. 2001. Four new species of *Gomphocythere* (Crustacea, Ostracoda) from Lake Tanganyika, East Africa. *Hydrobiologia* 450: 129–147.
- Passalia, M.G., Prámparo, M.B., Calvo, J. y Heredia, S. 2008. Primer registro de hojas de angiospermas en el Grupo Neuquén (Turoniano tardío–Coniaciano temprano), Lago Barreales, Argentina. *Ameghiniana* 45: 233–239.
- Pirík, R., Sýkora, M., Colin, J.-P. y Havrila, M. 2009. A new phytal limnic ostracod *Rosacythere carpathica* sp.nov. from the Upper Cretaceous of the Western Carpathians: implications for evolution of the Timiriaseviinae. *Cretaceous Research* 30: 465–476.
- Poiré, D.G., Canessa, N.D., Carloni, A. y Ferrer, O. 2002. La Formación Piedra Clavada en el área de Tres Lagos, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Actas 15º Congreso Geológico Argentino* (El Calafate, 2002), en CD-ROM.
- Prámparo, M.B., Ballent, S., Gallego, O.F. y Milana, J.P. 2005. Paleontología de la Formación Lagarcito (Cretácico inferior) en la provincia de San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 42: 93–114.
- Purper, I. 1974. *Cytheridella boldii* Purper sp. nov. (Ostracoda) from Venezuela and revision of the genus *Cytheridella* Dady, 1905. *Anais Academia Brasileira de Ciências* 46: 636–661.
- Rauhut, O.W.M. y López Albarello, A. 2008. Archosaur evolution during the Jurassic: a southern perspective. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63: 557–585.
- Riccardi, A.C. y Roller, E. 1980. Cordillera Patagónica Austral. En: R. Caminos (Ed.) *Geología Regional Argentina*. Segunda edición, Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, tomo 2: 1173–1306.
- Riccardi, A.C., Aguirre-Urreta, M.B. y Medina, F. 1987. Hauterivian-Albian Aconeceratidae (Ammonoidea) from Southern Patagonia, Argentina. *Palaeontographica Abteilung A*-196: 105–185.
- Rossetti, G. y Martens, K. 1998. Taxonomic revision of the recent and Holocene representatives of the family Darwinulidae (Crustacea, Ostracoda), with a description of three new genera. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie* 68: 55–110.
- Savatenalinton, S., Borgonie, G. y Martens, K. 2008. On *Thaicythere srisumona* n. gen., n. sp. (Ostracoda) from Thailand, with notes on the phylogeny of the Subfamily Timiriaseviinae Mandelstam, 1960. *Crustaceana* 81: 411–432.
- Seward A.C. 1917. *Fossil Plants, Volume III*. Cambridge University Press, Cambridge, 656 p.
- Simeoni, M. y Musacchio, E.A. 1986. Ostrácodos no marinos y carofitos hauterivianos de la Formación Agrio en la localidad El Marucho, cuenca del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 23: 89–96.
- Tiffney, B.H. 1984. Seed Size, Dispersal Syndromes, and the Rise of the Angiosperms: Evidence and Hypothesis. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 71: 551–576.
- Tiffney, B.H. 2004. Vertebrate dispersal of seed plants through time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 1–29.
- Turic, M. y Ferrari, J. C. 2000. *La exploración de petróleo y gas en la Argentina: el aporte de YPF*. Repsol YPF, Buenos Aires, 178 p.
- Vallati, P. 1996. Palynology of Pozo D-129 Formation in the San Jorge Gulf Basin, Lower Cretaceous, Patagonia, Argentina. First annual conference of IGCP Project 381 (South Atlantic Mesozoic Correlations), SAMC News 5. URL: <http://www.rzuser.uni-heidelberg.de/~dc8/samc/>
- Van Morkhoven, F.P.C.M. 1963. *Post-Palaeozoic Ostracoda. Their Morphology, Taxonomy, and Economic Use. Volume II. Generic descriptions*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 476 p.
- Varela, A.N., Poiré, D.G., Martin, T., Gerdes, A., Goin, F.J., Gelfo, J.N. y Hoffmann, S. U-Pb zircon constraints on the age of the Cretaceous Mata Amarilla Formation, Southern Patagonia, Argentina: its relationship with the evolution of the Austral Basin. *Andean Geology*. In Press URL: <http://www.andeangeology.equipo.cl>
- Wakefield, M.I. 2009. Bathonian of the Inner Hebrides, Scotland. En: J. E. Whittaker y M. B. Hart (Eds.), *Ostracods in British Stratigraphy*. The Micropalaeontological Society, Special Publications 3: 225–240.
- Whatley, R.C. 1983. The application of Ostracoda to palaeoenvironmental analysis. En: R. Maddocks (Ed.), *Applications of Ostracoda*. University of Houston Geosciences, Houston, p. 51–77.
- Whatley, R.C. 1992. The reproductive and dispersal strategies of Cretaceous nonmarine Ostracoda: the key to pandemism. En: N. Mateer y P.J. Chen (Eds.), *Aspects of Nonmarine Cretaceous Geology*. China Ocean Press, Beijing, p. 177–192.
- Zabert, L.L. y Herbst, R. 1986. Ostrácodos pleistocénicos del arroyo Perucho Verna, provincia de Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana* 23: 213–224.

doi: 10.5710/AMGH.v48i4(419)

Recibido: 14 de septiembre de 2010

Aceptado: 5 de marzo de 2011