

Nanofósiles calcáreos del Cretácico tardío - Terciario, del Pozo BB III A x-1 (Bahía Blanca), cuenca del Colorado, Argentina



Juan Pablo PÉREZ PANERA¹ y Gladys Noemí ANGELOZZI²

Abstract. LATE CRETACEOUS - TERTIARY CALCAREOUS NANNOFOSSILS FROM THE BB III A x-1 (BAHÍA BLANCA) BOREHOLE, COLORADO BASIN, ARGENTINA. A quantitative biostratigraphic study based on calcareous nanofossils, using cutting samples from the BB III A x-1 (Bahía Blanca) borehole placed in the western area of the Colorado Basin, off shore, is presented. According to the marker species, the stratigraphic column was divided in nine sections included in the Miocene, Oligocene, middle-late Eocene, early Paleocene, and late Campanian-Maastrichtian. The study has shown a rich nannoflora with species cited for the first time in the Colorado Basin. Early Danian, late Campanian and Maastrichtian biozones and a well defined Cretaceous-Tertiary boundary were recognized.

Resumen. Se presenta el estudio bioestratigráfico cuantitativo de nanofósiles calcáreos, utilizando muestras de recortes de perforación lavados del pozo B B III A x-1 (Bahía Blanca), situado en el área occidental de la cuenca del Colorado, costa afuera. De acuerdo a los marcadores recuperados, la columna estudiada se dividió en nueve secciones incluidas dentro del Mioceno, Oligoceno, Eoceno medio-tardío, Paleoceno temprano y Campaniano tardío - Maastrichtiano. El estudio reveló una rica nanoflora con especies citadas por primera vez para la cuenca del Colorado. Se reconocieron las biozonas del Daniano temprano, Campaniano tardío, Maastrichtiano y el límite Cretácico - Terciario bien definido.

Key words. Calcareous nannofossils. Late Cretaceous. Tertiary. Biostratigraphy. Colorado Basin. Argentina.

Palabras clave. Nanofósiles calcáreos. Cretácico tardío. Terciario. Bioestratigrafía. Cuenca del Colorado. Argentina.

Introducción

El presente trabajo contiene los resultados del análisis paleonanoflorístico realizado con muestras de recortes de perforación provenientes del pozo BB III A x-1 (Bahía Blanca), ubicado al sureste de la ciudad de Bahía Blanca, costa afuera, en el depocentro occidental de la cuenca del Colorado (figura 1). La sección estudiada abarca desde los 915-920 hasta los 2045-2050 m bbp (metros bajo boca de pozo), excepto los espesores comprendidos entre los 1065-1365 y los 1635-1875 m bbp, que no fueron analizados por falta de material.

Ha sido objeto de este estudio recuperar asociaciones de nanofósiles calcáreos con el fin de lograr una datación, lo más confiable posible, de la columna estratigráfica analizada.

La cuenca del Colorado se extiende desde la costa sur de la provincia de Buenos Aires, entre Bahía

Blanca y Carmen de Patagones, hacia el este sobre la plataforma continental submarina. Esta cuenca, considerada la última de un grupo de cuatro relacionadas genéticamente que intersectan transversalmente el borde continental Atlántico de Sudamérica, se desarrolla entre el Alto de Tandil al norte y el Macizo Nordpatagónico al sur y hacia el este sobre la plataforma continental submarina. Corresponde a un engolfamiento aulacogénico de forma rectangular alargada, con rumbo de depoeje oeste-este.

Antecedentes

Las secuencias sedimentarias reconocidas en la cuenca abarcan desde el Cretácico al Cuaternario en relación a la reactivación del área a partir de fines del Mesozoico, durante la apertura del Atlántico Sur. Litoestratigráficamente se definen la Formación Fortín de edad Jurásico tardío-Cretácico temprano, que apoya mediante una discordancia angular sobre un basamento Pérmico de lutitas negras y diamictitas. Por encima de ésta y en discordancia angular se apoya la Formación Colorado, de edad Cretácico temprano-tardío. Mediante una discordancia erosiva le sucede la Formación Pedro Luro, maastrichtiana-paleocena, y encima de ésta las formaciones Ombucta y

¹División Paleozoología Invertebrados, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque s / n, 1900 La Plata, Argentina.

perezpanera@ciudad.com.ar

²GEMA SRL. Servicios bioestratigráficos, Av. Calchaquí km 23,5, 1888 Florencio Varela, Buenos Aires, Argentina.

gema@infovia.com.ar

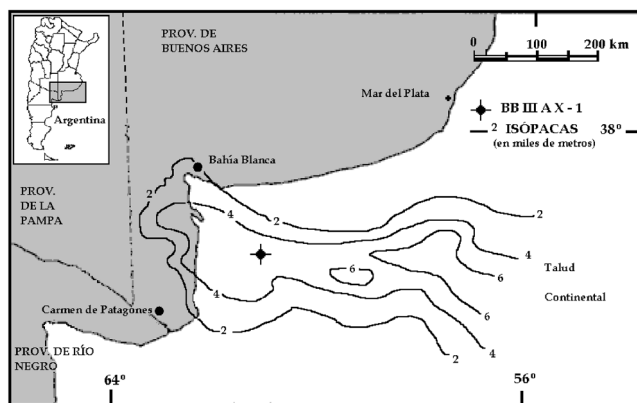


Figura 1. Ubicación del Pozo BB III A x-1 (Bahía Blanca) / Placement of the BB III A x-1 (Bahía Blanca) borehole.

Elvira con sus límites poco definidos asignadas al Eoceno y Oligoceno respectivamente. Por último y mediante una pseudoconcordancia culminan la secuencia la Formación Barranca Final, Mioceno, y la Formación Belén, Plioceno-Cuaternario. Los detalles sedimentológicos, históricos y estructurales de esta cuenca son sintetizados en los trabajos de Fryklund *et al.* (1996) e Yrigoyen (1999).

La primera mención de nanofósiles calcáreos para la cuenca fue hecha por Malumián (1970) con muestras de testigos corona y recortes de perforación del pozo Puerto Belgrano 20, cercano a la ciudad de Bahía Blanca, sobre el continente. Posteriormente, Malumián y Nánñez (1996) detallan algunas asociaciones nanofosilíferas identificadas para las formaciones Colorado, Pedro Luro, Elvira y Barranca Final.

Becker y Bertels (1980) y Caramés y Malumián (2000) conjuntamente con los trabajos antes mencionados, son importantes referencias que se basan en las asociaciones de foraminíferos.

Trabajos relevantes en bioestratigrafía e interpretaciones paleoambientales, basados en palinomorfos, son los de Quattrocchio y Ruiz (1999), Guerstein y Guler (2000), Guerstein y Junciel (2001), y Guler *et al.* (2002).

Métodos

Se procesó un total de cuarenta y dos muestras de recortes de perforación, preparadas para su estudio en microscopio óptico. La técnica utilizada fue la de decantación por gravedad (Moshkovitz y Ehrlich, 1976; Hay, 1977) y se trabajó con materiales descartables para evitar la contaminación. El muestreo se realizó con una equidistancia promedio de diez metros, y cada muestra representa unos cinco metros de intervalo.

El estudio es cuantitativo, se contabilizaron todos los individuos determinados en trescientos sesenta

campos visuales elegidos al azar, trabajando a un aumento de 1562,5 X. Si bien a los propósitos estadísticos resulta muy conveniente trabajar con el mismo número de individuos por muestra (Bown y Young, 1999), debido a las características muy diferentes entre una muestra y otra respecto de la densidad de individuos, se optó por no hacerlo.

En cuanto al análisis bioestratigráfico de las asociaciones reconocidas se utilizó el esquema zonal de Martini (1971) para el Cenozoico y el de Sissingh (1977) para el Cretácico.

Todas las especies son referidas a las citas de Perch-Nielsen (1985a, 1985b), Burnett (1999), Varol (1999), Bramlette y Sullivan (1961) y Young (1999) adjuntándose una lista al final del trabajo. Las dimensiones se indican en micrones; los ejemplares ilustrados están depositados en la colección del Departamento de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, bajo la sigla BAFC-NP (nanoplankton calcáreo) y los números 1750 a 1759.

Bioestratigrafía

La columna analizada se incluye, aproximadamente, entre los 73 y 9 millones de años. Las edades asignadas a las biozonas del Terciario (Berggren *et al.*, 1995) y del Cretácico (Burnett, 1999), como así también los principales eventos de nanofósiles calcáreos, diagnósticos en la bioestratigrafía, se detallan en la figura 2.

Para un mejor ordenamiento y análisis, la columna se dividió en nueve secciones respondiendo a las características de las asociaciones nanofosilíferas, como también a la individualización de aquellas en que no se dispuso de material.

Sección primera (915 - 960 m bbp)

Mioceno medio - Mioceno tardío temprano

Esta sección está delimitada en el techo por *Reticulofenestra pseudoumbilica* y *Micrantholithus pinguis* y en la base por la primera ocurrencia, según el sentido de la perforación, de *Sphenolithus heteromorphus*. De acuerdo a los mencionados marcadores se la incluye entre las biozonas NN10-NN6 (Martini, 1971).

Sección segunda (965-1060 m bbp)

Mioceno temprano

En su totalidad, esta sección presenta una baja densidad de individuos. Está comprendida en techo y base por las primeras ocurrencias, siempre siguiendo el sentido de la perforación, de *Sphenolithus heteromorphus* y *Helicosphaera recta*, respectivamente. Se

Profundidad en m bbp	Edad en Millones de años	Período	Época	Biozonas Martini, 1971 Sissingh, 1977	Nanoeventos
915-920	9	NEÓGENO	Mioceno medio-tardío	NN6-NN10?	↓ <i>R. Pseudoumbilica</i> <i>Micrantholitus pinguis</i>
955-960 965-970			Mioceno temprano	NN1-NN5	↓ <i>S. heteromorphus</i>
1050-1055 1060-1065 1075-1080	23,9		Oligoceno	NP25	→ <i>H. recta</i>
		NP24		→ <i>H. compacta</i>	
1095-1100 1105-1110	32,8	NP21		↓ <i>E. formosa</i> Auge de <i>M. pinguis</i> Auge de <i>C. pelagicus</i>	
1125-1130 1135-1365 1375-1380	32,8	Sin material		→ <i>D. saipanensis</i>	
1420-1425 1435-1440		PALEÓGENO	Eoceno medio - tardío	NP15-20	→ <i>Ch. oamaurensis</i> <i>P. papillatum</i> Auge de <i>C. pelagicus</i>
1475-1480 1485-1490					↓ <i>R. reticulata</i>
1570-1575 1585-1590					▲ <i>R. reticulata</i>
1615-1620 1635-1675 1680-1685	47,4				→ <i>R. umbilica</i> <i>B. stauration</i>
1880-1885	62,2		Sin material Esteril		
1900-1905	65	Paleoceno temprano	NP1-3	→ <i>C. tenuis</i> <i>Ch. danicus</i> <i>T. africanus</i> <i>P. sigmoides</i>	<i>H. teuriensis</i> <i>H. edwardsii</i> Auge de <i>T. saxea</i> Auge de <i>T. operculata</i>
1915-1920	65	CRETÁCICO TARDÍO	Maastrichtiano	CC26	↓ <i>N. frequens</i> / Auge de <i>Micula</i> sp. <i>A. octorradiata</i> / Auge de <i>A. cymbiformis</i>
1930-1935 1950-1955	65,86			CC25	→ Aumento de <i>P. stoveri</i> Baja diversidad y riqueza
1970-1975 1985-1990	68,15			CC24	↓ <i>B. magnum</i>
2015-2020 2030-2035	69,7 73,3			CC23	↓ <i>B. coronum</i>
2045-2050			Campaniano tardío	CC22	↓ <i>R. anthophorus</i>

Figura 2. Principales eventos de nanofósiles calcáreos registrados en el pozo BB III A x-1 / *major calcareous nannofossils events registered in the BB III A x-1 borehole.*

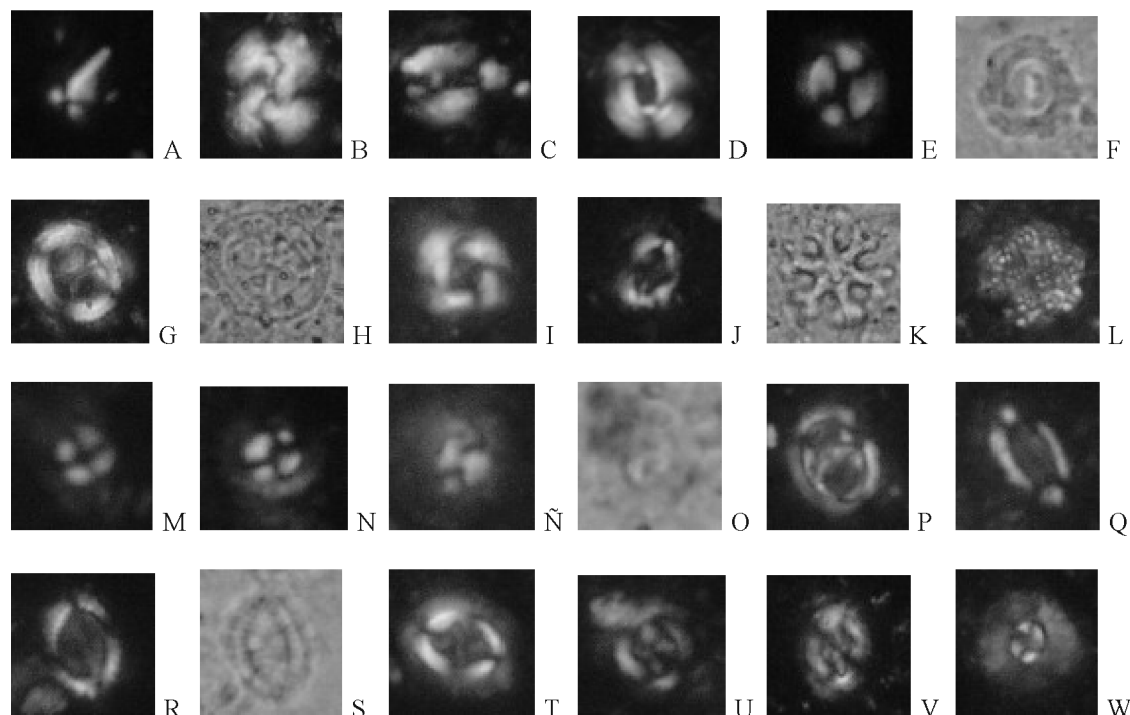


Figura 3. A, *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre, 6 u, BAFC-NP 1750, nicols cruzados / crossed nicols, 965-970 m bbp; B, *Reticulofenestra bisecta* (Hay, Mohler y Wade) Bukry y Percival, 11 u, BAFC-NP 1751, nicols cruzados / crossed nicols, 1030-1035 m bbp; C, *Helicosphaera recta* (Haq) Jafar y Martini, 8 u, BAFC-NP 1752, nicols cruzados / crossed nicols, 1060-1065 m bbp; D, *Reticulofenestra pseudumbilica* (Gartner) Gartner, 9 u, BAFC-NP 1752, nicols cruzados / crossed nicols, 1060-1065 m bbp; E, *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller 9 u, BAFC-NP 1752, nicols cruzados / crossed nicols, 1060-1065 m bbp; F, *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller, 9 u, luz transmitida / transmitted light, BAFC-NP 1752, 1060-1065 m bbp; G, *Chiasmolithus oamaruensis* (Deflandre) Hay, Mohler y Wade, 10 u, BAFC-NP 1753, nicols cruzados / crossed nicols, 1435-1440 m bbp; H, *Chiasmolithus oamaruensis* (Deflandre) Hay, Mohler y Wade, 10 u, luz transmitida / transmitted light, (38) 1435-1440 m bbp; I, *Reticulofenestra reticulata* (Gartner y Smith) Perch-Nielsen, 7 u, BAFC-NP 1754, nicols cruzados / crossed nicols, 1550-1555 m bbp; J, *Birkelundia staurion* (Bramlette y Sullivan) Perch-Nielsen, 6 u, BAFC-NP 1755, nicols cruzados / crossed nicols, 1615-1620 m bbp; K, *Discoaster deflandrei* Bramlette y Riedel, 18 u, BAFC-NP 1755, nicols cruzados / crossed nicols, 1615-1620 m bbp; L, Cocósfera de *Toweius africanus* (Perch-Nielsen) Perch-Nielsen, 13 u, BAFC-NP1756, nicols cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; M, *Toweius africanus* (Perch-Nielsen) Perch-Nielsen, 2 u, BAFC-NP1756, nicols cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; N, *Toweius* sp. 3,5 u, BAFC-NP1756, nicols cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; Ñ, *Prinsius martinii* (Perch-Nielsen) Haq, 4 u, BAFC-NP1756, nicols cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; O, *Prinsius martinii* (Perch-Nielsen) Haq, 4 u, BAFC-NP1756, luz transmitida / transmitted light, 1900-1905 m bbp; P, *Placozygus sigmoides* (Bramlette y Sullivan) Romein, 7,5 u, BAFC-NP1756, nicols cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; Q, *Hornibrookina edwardsii* Perch-Nielsen, 6 u, BAFC-NP1756, nicols cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; R, *Hornibrookina teuriensis* Edwards, 8 u, BAFC-NP1756, nicols cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; S, *Hornibrookina teuriensis* Edwards, 8 u, BAFC-NP1756, luz transmitida / transmitted light, 1900-1905 m bbp; T, *Cruciplacolithus edwardsii* Romein, 4 u, BAFC-NP1756, nicols cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; U, *Cruciplacolithus primus* Perch-Nielsen, 4,5 u, BAFC-NP1756, nicols cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; V, *Cruciplacolithus tenuis* (Stradner) Hay y Mohler, 4 u, BAFC-NP1756, nicols cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; W, *Markalius inversus* (Deflandre) Bramlette y Martini, 7 u, BAFC-NP1756, nicols cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp. Los valores en micrones (u) corresponden al verdadero tamaño del ejemplar / Values in microns (u) are the real size of the specimen.

incluye dentro de las biozonas NN5-NN1 (Martini, 1971).

Entre otras formas importantes recuperadas en esta sección, pueden mencionarse: *Reticulofenestra bisecta* y *Helicosphaera ampliapertura*. Cabe consignar, que aunque *R. bisecta* se extingue a fines del Oligoceno, Perch-Nielsen (1985a) reconoce que suele aparecer retrabajada en la biozona NN1, patrón que es útil en asociaciones de altas latitudes o de mares marginales. Esta edad ha sido corroborada con foraminíferos planctónicos. (com. verb. D. Ronchi, 2004).

Sección tercera (1060-1125 m bbp) Oligoceno

La ocurrencia de *Helicosphaera recta*, a los 1060 m bbp, marca el techo de la biozona NP25, indicando el límite Oligoceno-Mioceno. A los 1075 m bbp se registra la primera ocurrencia, según el sentido normal de la perforación, de *Helicosphaera compacta*, indicando el techo de la biozona NP24. A los 1090 m bbp se observa una baja riqueza y diversidad en la asociación, y sólo se distingue la presencia de *Coccolithus pelagicus*. A

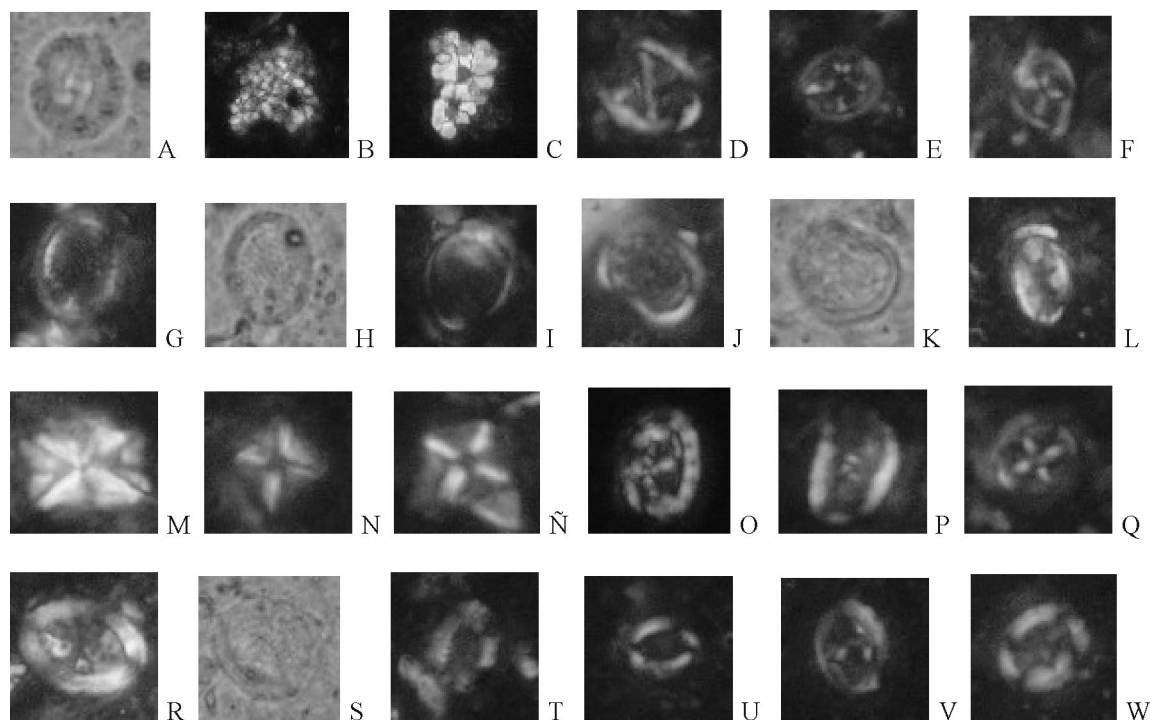


Figura 4. A, *Markalius inversus* (Deflandre) Bramlette y Martini, 7 u, BAFC-NP1756, luz transmitida / transmitted light, 1900-1905 m bbp; B, *Thoracosphaera operculata* Bramlette y Martini, 25 u, BAFC-NP1756, nicoles cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; C, *Thoracosphaera saxea* Stradner, 18 u, BAFC-NP1756, nicoles cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; D, *Neococcolithes protenus* (Bramlette y Sullivan) Black, 4 u, BAFC-NP1756, nicoles cruzados / crossed nicols, 1900-1905 m bbp; E, *Ahmuelerella octoradiata* (Gorka) Reinhardt, 7 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; F, *Chiastozygus synquadriferforatus* Bukry, 4 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; G, *Cribrospheraella daniae* Perch-Nielsen, 7,5 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; H, *Cribrospheraella daniae* Perch-Nielsen, 7,5 u, BAFC-NP1757, luz transmitida / transmitted light, 1915-1920 m bbp; I, *Kamptnerius magnificus* Deflandre, 8 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; J, *Nephrolithus frequens* Gorka, 6,5 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; K, *Nephrolithus frequens* Gorka, 6,5 u, BAFC-NP1757, luz transmitida / transmitted light, 1915-1920 m bbp; L, *Eiffelithus turrisseiffelii* (Deflandre) Reinhardt, 7 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; M, *Micula concava* (Stradner) Verbeek, 5 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; N, *Micula concava* (Stradner) Verbeek, 4,5 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; Ñ, *Micula staurophora* (Gardet) Stradner, 5 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; O, *Prediscosphaera spinosa* (Bramlette y Martini) Gartner, 4,5 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; P, *Rhagodiscus splendens* (Deflandre) Verbeek, 6,5 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; Q, *Staurolithites zonenensis* Burnett, 5 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; R, *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina, 13 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 1915-1920 m bbp; S, *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina, 13 u, BAFC-NP1757, luz transmitida / transmitted light, 1915-1920 m bbp; T, *Biscutum magnum* Wind y Wise, 8 u, BAFC-NP1758, nicoles cruzados / crossed nicols, 1985-1990 m bbp; U, *Biscutum coronum* Wind y Wise, 7 u, BAFC-NP1759, nicoles cruzados / crossed nicols, 2045-2050 m bbp; V, *Reinhardtites anthophorus* (Deflandre) Perch-Nielsen, 7 u, BAFC-NP1759, nicoles cruzados / crossed nicols, 2045-2050 m bbp; W, *Staurolithites crux* (Deflandre y Fert) Caratini, 6 u, BAFC-NP1757, nicoles cruzados / crossed nicols, 2045-2050 m bbp. Los valores en micrones (u) corresponden al verdadero tamaño del ejemplar / Values in microns (u) are the real size of the specimen.

los 1105 m bbp, correspondiéndose con un auge de *C. pelagicus* y un aumento considerable de *Micrantholithus pinguis*, sumado a la primera ocurrencia, siempre siguiendo el sentido de la perforación, de *Ericsonia formosa*, se reconoce el techo de la biozona NP21 (Varol, 1999), que corresponde a la primera biozona de nanofósiles del Oligoceno.

Sección cuarta (1135-1370 m bbp)

Sin material

Para todo este tramo, que comprende un espesor

de 235 metros, no hubo muestras disponibles. En la figura 2 estas secciones del pozo figuran como "sin material".

Sección quinta (1375-1620 m bbp)

Eoceno medio - Eoceno tardío

Las sedimentitas de esta sección están intensamente contaminadas con elementos de edad más joven. Sin embargo, es fácil eliminarlos en el momento de hacer una interpretación de los datos, y centrarse en la presencia de las especies menos abundantes pe-

ro más diagnósticas estratigráficamente, que permiten hacer la asignación de edad adecuada de la sección.

A los 1375 m bbp aparece por única vez *Discoaster saipanensis* (NP15-NP20), a los 1420 m bbp se comprueba también una única aparición de *Pemma papillatum* (NP10-NP20) y *Chiasmolithus oamaurensis* (NP18-NP22). Entre los 1485 y los 1555 m bbp se registra *Reticulofenestra reticulata* (NP16-NP21). En la base de la sección, se recuperaron especímenes de *Birkelundia staurion* (NP15) y *Reticulofenestra umbilica* (NP15-NP22).

Siguiendo los rangos estratigráficos de los mencionados marcadores, estas sedimentitas se incluyen dentro de las biozonas NP15-NP20, del Eoceno medio - Eoceno tardío.

Sección sexta (1625-1875 m bbp)

Sin material

De esta sección, con un espesor de 250 metros, no se dispuso de material.

Sección séptima (1885-1895 m bbp)

Estéril

Esta sección comprende una sola muestra que resultó estéril. El material preparado presenta una fracción de bitumen o querógeno importante.

Sección octava (1905 m bbp)

Paleoceno

A los 1905 m bbp, e inmediatamente por debajo de la muestra estéril, se recuperó una asociación nanofosilífera marcadamente daniana, bien preservada y sin contaminación.

Para la determinación de la edad, las especies más características e importantes son *Cruciplacolithus tenuis* (NP3-NP9), *Cruciplacolithus primus* (NP1-NP2), *Chiasmolithus danicus* (NP3-NP6) y *Hornibrookina edwardsii* (parte inferior de NP3, y hasta NP1 en áreas de altas latitudes), *Placozygus sigmoides*, un sobreviviente del Cretácico tardío que llega hasta la biozona NP1 (Varol, 1999), *Hornibrookina teuriensis* (NP3-NP4) y *Toweius africanus* (NP3), esta última especie típica del hemisferio sur (Perch-Nielsen, 1985a). Así mismo, se comprobó un auge de *Thoracosphaera saxeae* y de *Thoracosphaera operculata*, importante evento del Daniano basal (Perch-Nielsen, 1985a).

Considerando los marcadores debidamente explicados en el párrafo precedente, esta sección representa una secuencia condensada del Daniano, la cual incluye las biozonas NP1, NP2 y NP3.

Las consideraciones que justificarían la representatividad de la biozona NP1, a pesar de la ausencia

de *Biantholithus sparsus*, importante marcador de la misma, en una asociación nanofosilífera tan bien preservada, se basan en el registro de *P. sigmoides* y *C. primus*, especies marcadoras en ausencia de *B. sparsus*. Si bien esta última es diagnóstica de la primera biozona del Paleoceno, se reconoce que es muy rara y pocas veces puede comprobarse su presencia (Concheyro y Villa, 1996)

Sección novena (1915 - 2055 m bbp)

Campaniano tardío - Maastrichtiano

Desde los 1915 hasta los 2050 m bbp se observa un recambio nanofosilífero muy significativo en la columna. Toda la asociación es marcadamente cretácica, y al igual que en los niveles suprayacentes del Paleoceno, carecen de contaminación.

Inmediatamente debajo del tramo asignado a las biozonas NP1-NP3 (sección octava), se reconoce la última biozona del Maastrichtiano tardío, CC26 (Singh, 1977), por la primer ocurrencia, según el sentido de la perforación, de *Nephrolithus frequens* y *Cribsphaerella daniae*, ambas especies marcadoras, especialmente en altas latitudes, de dicha biozona (Perch-Nielsen, 1985b; Ronchi y Angelozzi, 1994; Concheyro y Villa, 1996). La asociación se integra además con otras especies que alcanzan el Maastrichtiano tardío como *Ahmuelerella octoradiata*, *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Micula staurophora*, *Micula concava*, *Kamptnerius magnificus* y *Eiffellithus turrisseiffelii*, entre otras. Existe un marcado predominio de *Micula* spp. y en menor medida de *A. cymbiformis* sobre el resto de las especies.

A los 1950 m bbp se registró un aumento en el número de individuos de *Prediscosphaera stoveri* (CC21-CC26), importante evento que marca la base de la biozona CC26, en asociaciones del hemisferio sur (Burnett, 1999).

A los 1985 m bbp se observó la primera ocurrencia de *Biscutum magnum*, marcador que se extingue en la base de la biozona CC25. Concomitantemente con estos datos, desde los 1950 a los 1975 m bbp se registró una disminución importante en el número de especies, rasgo que caracteriza las asociaciones de la biozona CC25 (Burnett, 1999). Por lo expuesto, los niveles involucrados son asignados a dicha biozona.

Desde los 1985 hasta los 2020 m bbp se reconoció la biozona CC24 de acuerdo con las primeras ocurrencias, siempre siguiendo el sentido normal de la perforación, de *B. magnum* (base de CC25) a los 1985 m bbp y *Biscutum coronum* (base de CC24) a los 2030 m bbp. La biodiversidad de estas asociaciones aumenta debido, principalmente, a una menor representación del género *Micula* y a la aparición de nuevos taxones.

A los 2030 m bbp queda definido por la primera ocurrencia de *B. coronum* el techo de la biozona CC23

(Burnett, 1999). Entre los 2045 y los 2050 m bbp, correspondientes a la última muestra analizada, se observan nanofósiles con rasgos distintivos y alta biodiversidad, como consecuencia de una representación más equitativa que en los niveles superiores del número de individuos por especie. Prácticamente desaparece *Micula* spp. y aparecen dos nuevas especies dominando la asociación: *Staurolithites crux* y *Biscutum coronum*. Esto, sumado a la importante presencia del marcador *Reinhardtites anthophorus* (CC15-CC22), indica la presencia de la biozona CC22 del Campaniano tardío.

Conclusiones

El Neógeno está pobremente representado, reconociéndose el Mioceno medio-Mioceno tardío temprano (NN6-NN10) y el Mioceno temprano (NN1-NN5), en secuencia continua.

Para los intervalos asignados al Paleógeno y aún con las dificultades que plantean las secciones faltantes y la naturaleza del material, la bioestratigrafía propuesta resulta bastante ajustada. Se identifican las biozonas NP25, NP24 y NP21, del Oligoceno, no pudiéndose definir las biozonas NP22 y NP23, probablemente por la ausencia de marcadores tipo y/o por la ausencia de las mismas.

En la sección correspondiente al Eoceno medio-Mioceno tardío (NP15-NP20) no fue posible definir claramente los límites de las biozonas, especialmente por el alto grado de contaminación del material debido a los trabajos de perforación.

El Paleoceno está muy bien caracterizado, a los 1905 m bbp, y sin contaminación. Se reconoció una secuencia condensada del Daniano, considerando que las especies marcadoras de las biozonas NP1, NP2 y NP3, se recuperaron juntas en un solo nivel. Se descarta la posibilidad de que exista retrabajo de los elementos de alguna biozona sobre otra debido a que la representación de especies marcadoras de cada una es equivalente. En apoyo de esta interpretación se observa un elevado número de especies sin elementos dominantes en la asociación, lo que arrojó elevados índices de biodiversidad.

Inmediatamente debajo de esta sección subyace el Cretácico tardío, donde se identificaron todas las biozonas del Maastrichtiano y la última del Campaniano, con buena representación de marcadores.

El límite Maastrichtiano - Daniano queda definido entre los 1905 y los 1915 m bbp. Sin que se observe retrabajo, las asociaciones cretácicas y paleógenas quedan perfectamente diferenciadas y establecen claramente un pase concordante.

Sin embargo, es menester aclarar que *Micula staurophora*, nanolito típicamente cretácico, ocurre en la

asociación daniana, pero en una proporción muy inferior a la de las capas subyacentes. Dado que es un rasgo característico en la distribución vertical de esta especie en muestras de recortes de perforación (Varol, 1999), y el único elemento cretácico representativo, no altera la conclusión de un pasaje bien definido y caracterizado entre el Cretácico y el Paleógeno.

Derivado de lo antedicho, el límite Cretácico-Paleógeno se resume en las siguientes características:

Cambio abrupto en las asociaciones nanofosilíferas de típicamente maastrichtianas a típicamente danianas.

Sin retrabajo Cretácico en el Daniano.

Maastrichtiano con sus zonas bien establecidas representadas con espesores importantes y Daniano condensado.

Las sedimentitas del Cretácico tardío y Daniano se depositaron en una secuencia continua.

Agradecimientos

A R. Guerstein y A. Concheyro por sus valiosas correcciones. Hacemos extensible nuestro agradecimiento a la Empresa Repsol YPF por el material de estudio y al personal de GEMA S.R.L., en especial a D. Ronchi, por su constante apoyo logístico.

Bibliografía

- Becker, D. y Bertels, A. 1980. Micropaleontología de la Secuencia Terciaria de la Perforación Puelche (Margen Continental Argentino). 2° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1° Congreso Latinoamericano de Paleontología. (Buenos Aires) Actas, 2: 315-333.
- Berggren, W.A., Kent, D. V., Swisher III, C.C. y Aubry, M. 1995. A revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy. *Geochronology Time Scales and Stratigraphic correlation*, SEPM 54: 129-212.
- Bown, P. y Young J.R. 1999. Techniques. En: P.R. Bown (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontology Society Publications Series. 2nd edition. Kluwer Academic Publishers, pp. 16-28.
- Bramlette, M. y Riedel, W.R. 1954. Stratigraphic value of Discoasters and some other microfossils related to Recent coccolithophores. *Journal of Paleontology* 28: 385-403.
- Bramlette, M. y Sullivan, F. 1961. Coccolithophorids and related nannoplankton of the early Tertiary in California. *Micropaleontology* 7: 129-188.
- Bramlette, M. y Wilcoxon, J. 1967. Middle Tertiary calcareous nannoplankton of the Cipero section, Trinidad, W.I. *Tulane Studies in Geology and Paleontology* 5: 93-130.
- Burnett, J.A. 1999. Upper Cretaceous. En P.R. Bown (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontology Society Publications Series. 2nd. edition Kluwer Academic Publishers, pp. 132-199.
- Caramés, A. y Malumíán, N. 2000. Foraminíferos bentónicos del Cenozoico del Pozo Estrella X-1, Cuenca del Colorado, Plataforma Continental Argentina. *Ameghiniana* 37: 387-414.
- Concheyro, A. y Villa, G. 1996. Maastrichtian-Danian (K/P) calcareous nannofossils in the Liu Malal section. Northern Patagonia, Argentina. *Palaeopelagos* 6: 281-297.
- Fryklund, B., Marshall, A. y Stevens, J. 1996. Cuenca del Colorado. En: V.A. Ramos y M.A. Turic (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina*. 13° Congreso Geológico

- Argentino y 3º congreso de Exploración de Hidrocarburos, *Relatorio*, pp. 135-158.
- Guerstein, G.R. y Guler, M.V. 2000. Bioestratigrafía basada en quistes de dinoflagelados del Eoceno-Mioceno del pozo (YPF) Ombucta x-1, Cuenca del Colorado, Argentina. *Ameghiniana* 37: 81-90.
- Guerstein, G.R. y Junciel, G.L. 2001. Quistes de dinoflagelados del Cenoico de la Cuenca del Colorado, Argentina. *Ameghiniana* 38: 299-316.
- Guler, M.V., Guerstein, G.R. y Malumián, N. 2002. Bioestratigrafía de la Formación Barranca Final, Neógeno de la Cuenca del Colorado, Argentina. *Ameghiniana* 39: 103-110.
- Hay, W.W. 1977. Calcareous Nannofossils. En: A.T.S. Ramsay (ed.), *Oceanic Micropaleontology* 2. Academic Press, pp. 1055-1200.
- Hay, W.W. y Mohler, H. 1967. Calcareous nannoplankton from early Tertiary rocks at Point Labau, France, and Paleocene-early Eocene correlations. *Journal of Paleontology* 41: 1505-1541.
- Malumián, N. 1970. Bioestratigrafía del Terciario marino del subsuelo de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Ameghiniana* 7: 173-204.
- Malumián, N. y Nánéz, C. 1996. Microfósiles y nanoplankton calcáreo de la Plataforma Continental En: V.A. Ramos y M.A. Turic (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina*. 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, *Relatorio*, pp. 73-93.
- Martini, E. 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. En: A. Farinacci (ed.), *Proceedings 2nd Planktonic Conference* (Roma, 1970), 2: 739-785.
- Moshkovitz, S. y Ehrlich, A. 1976. Distribution of Middle and Upper Jurassic calcareous nannofossils in the Northeastern Negev, Israel and in Gebel Maghara, Northern Sinai. *Bulletin of the Geological Survey of Israel* 69: 1-47.
- Perch-Nielsen, K. 1979. Calcareous nannofossil zonation at the Cretaceous-Tertiary boundary in Denmark. En: W.K. Christensen y T. Birkelund (eds.), *Cretaceous Tertiary Boundary events*. University of Copenhagen, 1: 115-135.
- Perch-Nielsen, K. 1983. Recognition of Cretaceous stage boundaries by means of calcareous nannofossils. En: T. Birkelund, R. Bromley, W.K. Christensen, E. Håkansson y F. Surlyk (eds.), *Symposium on Cretaceous Stage Boundaries*, Copenhagen, University of Copenhagen, pp. 152-156.
- Perch-Nielsen, K. 1985a. Cenozoic calcareous nannofossils. En: H.M. Bolli, J.B. Saunders y K. Perch-Nielsen (eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, pp. 427-554.
- Perch-Nielsen, K. 1985b. Mesozoic calcareous nannofossils. En: H.M. Bolli, J.B. Saunders y K. Perch-Nielsen (eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, pp. 329-426.
- Pospichal, J. y Wise, S. 1990. Paleocene to middle Eocene calcareous nannofossils of ODP sites 689 and 690. Mand Risi, Weddell Sea. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 113: 613-638.
- Quattrocchio, M.E. y Ruiz, L.C. 1999. Paleoambiente de la Formación Pedro Luro (Maastrichtiano?-Paleoceno) en base a palinomorfos, cuenca del Colorado, Argentina. *Ameghiniana* 36: 37-47.
- Ronchi, D. y Angelozzi, G. 1994. Bioestratigrafía del Cretácico-Terciario en dos pozos ubicados al oeste de la Cuenca Austral. *Boletín de Informaciones Petroleras* 39: 65-76.
- Roth, P.H. 1978. Cretaceous Nannoplankton biostratigraphy and Oceanography of the Northwestern Atlantic Ocean. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Washington (U.S. Government Printing Office) 44: 731-760.
- Sissingh, W. 1977. Biostratigraphy of Cretaceous Nannoplankton, *Geologie en Mijnbouw* 56: 37-65.
- Varol, O. 1999. Palaeogene. En: P.R. Bown (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontology Society Publications Series. 2nd edition. Kluwer Academic Publishers. pp. 225-265.
- Wind, F.H. 1975. *Tetralithus copulates* Deflandre (Coccolithophyceae) from the Indian Ocean. A possible paleoecological indicator. *Antarctic Journal of the United States* 10: 265-268.
- Wind, F.H. y Wise, S. 1983. Correlation of Upper Campanian- Lower Maastrichtian calcareous nannofossil assemblages in drill and piston cores from the Falkland Plateau, Southwest Atlantic Ocean. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Washington (U.S. Government Printing Office) 71: 551-564.
- Wise, S. y Wind, H. 1976. Mesozoic and Cenozoic calcareous nannofossils recovered by DSDP Leg 36 drilling on the Falkland Plateau, SW. Atlantic Sector of the Southern Ocean. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Washington (U.S. Government Printing Office) 36: 269-491.
- Young J.R. 1999. Neogene. En: P.R. Bown (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontology Society Publications Series. 2nd edition. Kluwer Academic Publishers. pp. 225-265.
- Yrigoyen, M.R. 1999. Los depósitos Cretácicos y Terciarios de las Cuenas del Salado y del Colorado. En: R. Caminos (ed.), *Geología Argentina*. Servicio Geológico Minero. Instituto de Geología y Recursos Naturales. *Anales* 29: 645-649.

Recibido: 26 de mayo de 2004.

Aceptado: 6 de octubre de 2005.

Apéndice

Lista de las especies reconocidas

Principales trabajos consultados durante la determinación sistemática: Bramlette y Riedel (1954), Bramlette y Sullivan (1961), Bramlette y Wilcoxon (1967), Burnett (1999), Hay y Mohler (1967), Perch-Nielsen (1979, 1983, 1985a, 1985b), Roth (1978), Pospichal y Wise (1990), Varol (1999), Wind, (1975), Wind y Wise (1983), Wise y Wind (1976), Young (1999).

Nanofósiles terciarios

Amaurolithus primus (Bukry y Percival) Gartner y Bukry
Birkelundia arenosa Perch-Nielsen
Birkelundia staurion (Bramlette y Sullivan) Perch-Nielsen
Biscutum harrisonii Varol
Biscutum sp. 1
Calcidiscus leptoporus (Murray y Blackman) Loeblich y Tappan
Calcidiscus premacintyreii Theodoridis
Chiasmolithus danicus (Brotzen) Hay y Mohler
Chiasmolithus expansus (Bramlette y Sullivan) Gartner
Chiasmolithus oamaruensis (Deflandre) Hay, Mohler y Wade
Clathrolithus ellipticus Deflandre
Coccolithus pelagicus (Wallich) Schiller
Coronocyclus nitescens (Kamptner) Gaarder
Cruciplacolithus cribellum (Bramlette y Sullivan) Romein
Cruciplacolithus edwardsii Romein
Cruciplacolithus primus Perch-Nielsen
Cruciplacolithus tenuis (Stradner) Hay y Mohler
Cyclicargolithus abisectus (Müller) Wise
Cyclicargolithus floridanus (Roth y Hay) Bukry
Cyclicargolithus luminis (Sullivan) Bukry
Dictyococcites callidus Perch-Nielsen
Dictyococcites cf. hesslandii (Haq) Haq y Lohman
Dictyococcites daviesii (Haq) Perch-Nielsen
Dictyococcites scrippsae Bukry y Percival
Discoaster deflandrei Bramlette y Riedel
Discoaster druggii Bramlette y Wilcoxon
Discoaster kugleri Martini y Bramlette
Discoaster saipanensis Bramlette y Riedel
Discoaster sp. 1
Discoaster variabilis Martini y Bramlette
Ericsonia formosa (kamptner) Haq
Helicosphaera ampliaperita Bramlette y Wilcoxon

Helicosphaera compacta Bramlette y Wilcoxon
Helicosphaera kamptneri Hay y Mohler
Helicosphaera obliqua Bramlette y Wilcoxon
Helicosphaera recta (Haq) Jafar y Martini
Helicosphaera cisura Müller
Helicosphaera sellii Bukry y Bramlette
Helicosphaera stalis Theodoridis
Hornibrookina edwardsii Perch-Nielsen
Hornibrookina teuriensis Edwards
Hughesius tasmaniae (Edwards y Perch-Nielsen) de Kaenel y Villa
Markalius apertus Perch-Nielsen
Micrantholitus entaster Bramlette y Sullivan
Micrantholitus flos Deflandre
Micrantholitus pinguis Bramlette y Sullivan
Nannotetrina alata (Martini) Haq y Lohmann
Neococcolithes protenus (Bramlette y Sullivan) Black
Pemma papillatum Martini
Pontosphaera desueta (Müller) Perch-Nielsen
Pontosphaera discopora Schiller
Pontosphaera multipora (Kamptner) Roth
Pontosphaera plana (Bramlette y Sullivan) Haq
Pontosphaera sp. 1
Pontosphaera sp. 2
Prinsius martinii (Perch-Nielsen) Haq
Pyrocyclus hermosus Roth y Hay
Reticulofenestra bisecta (Hay, Mohler y Wade) Bukry y Percival
Reticulofenestra dictyoda (Deflandre) Stradner
Reticulofenestra hampdenensis Edwards
Reticulofenestra haqii Backman
Reticulofenestra minuta Roth
Reticulofenestra minutula (Gartner) Haq y Berggren
Reticulofenestra perplexa (Burns) Wise
Reticulofenestra pseudumbilica (Gartner) Gartner
Reticulofenestra reticulata (Gartner y Smith) Perch-Nielsen
Reticulofenestra umbilica (Levin) Martini y Ritzkowski
Sphenolithus dissimilis Bukry y Percival
Sphenolithus belemnus Bramlette y Wilcoxon
Sphenolithus heteromorphus Deflandre
Sphenolithus moriformis (Brönnimann y Stradner) Bramlette y Wilcoxon
Sphenolithus obtusus Bukry
Sphenolithus radians Deflandre.
Toweius africanus (Perch-Nielsen) Perch-Nielsen
Toweius callosus Perch-Nielsen
Toweius sp.
Umbilicosphaera jafarii Müller

Sobrevivientes del K/T

Biscutum melaniae (Górka) Burnett.
Braarudosphaera bigelowii (Grand y Braarud) Deflandre
Cyclagelosphaera reinhardtii (Perch-Nielsen) Romein
Markalius inversus (Deflandre) Bramlette y Martini
Placozygus sigmoides (Bramlette y Sullivan) Romein
Thoracosphaera operculata Bramlette y Martini

Thoracosphaera saxea Stradner

Nanofósiles cretácicos

Ahmullerella octoradiata (Gorka) Reinhardt
Amphizygus brooksii Bukry
Arkhangelskiella cymbiformis Vekshina
Biscutum coronum Wind y Wise
Biscutum ellipticum (Gorka) Grün
Biscutum magnum Wind y Wise
Braarudosphaera turbinea Stradner
Broinsonia signata (Nöel) Nöel
Chiastozygus antiquus (Perch-Nielsen) Burnett
Chiastozygus bifarius Bukry
Chiastozygus synquadriferforatus Bukry
Chiastozygus trabalis (Górka) Burnett
Cribrosphaerella daniae Perch-Nielsen
Cyclagelosphaera alta Perch-Nielsen
Cyclagelosphaera margerelii Noël
Eiffelithus turriseiffelii (Deflandre) Reinhardt
Ellipsagelosphaera fossacincta Black
Ellipsagelosphaera ovata (Bukry) Black
Hexalithus gardetae Bukry
Holococolito cf. *Russellia* sp.
Kamptnerius magnificus Deflandre
Lithastrinus quadricuspidis Farhan
Micula concava (Stradner) Verbeek
Micula praemurus (Bukry) Stradner y Steinmetz
Micula sp. 1
Micula staurophora (Gardet) Stradner
Nephrolithus frequens Gorka
Prediscosphaera arkhangelskyi (Reinhardt) Perch-Nielsen
Prediscosphaera cretacea (Arkhangelsky) Gartner
Prediscosphaera grandis Perch-Nielsen
Prediscosphaera spinosa (Bramlette y Martini) Gartner
Prediscosphaera stoveri (Perch-Nielsen) Shafik y Stradner
Quadrum bengalensis Burnett
Quadrum gartneri Prins y Perch-Nielsen
Quadrum svabenickae Burnett
Reinhardtites anthophorus (Deflandre) Perch-Nielsen
Retecapsa crenulata (Bramlette y Martini) Grün
Retecapsa surirella (Deflandre y Fert) Grün
Rhagodiscus splendens (Deflandre) Verbeek
Rhagodiscus asper (Stradner) Reinhardt
Rhombosaster cuspidis Bramlette y Sullivan
Staurolithites crux (Deflandre y Fert) Caratini
Staurolithites zoensis Burnett
Tegumentum stradneri Thierstein
Quadrum gothicum (Deflandre) Prins y Perch-Nielsen
Quadrum sissinghii Perch-Nielsen
Watznaueria barnesae (Black) Perch-Nielsen
Watznaueria biporta Bukry
Watznaueria manivitiae Bukry