

REPRESENTANTES DE *HELICOSPHAERA* EN SEDIMENTOS DEL NEÓGENO EN EL ATLÁNTICO ORIENTAL

JOSÉ-ABEL FLORES*

RESUMEN.— El presente trabajo se centra en el estudio de los helicolitos que se reconocen en diferentes secciones de las cuencas del Guadalquivir y Surrifeña (España y Marruecos), así como en sondeos oceánicos del Atlántico Oriental. De dicho morfotipo se lleva a cabo un estudio sistemático; asimismo se muestra otro de carácter cuantitativo con el que se trata de evidenciar su variabilidad en función de cambios ambientales que pudieran haber tenido lugar. Por comparación con la distribución de otros táxones indicadores, se observa que el morfotipo en general —del que es especie dominante *Helicosphaera carteri* (Wallich)— sufre una reducción con un supuesto descenso de las temperaturas de las masas de agua. El cambio cuantitativo más importante tiene lugar en el Tortoniense superior. Hacia el Messiniense superior parece iniciarse una cierta recuperación, probablemente relacionado con un relativo calentamiento.

También se tratan aspectos preservacionales. La relativa fácil disolución de los representantes de *Helicosphaera* determina que, en base a su ausencia, presencia y estado particular de los nanolitos, puedan emplearse para evaluar el grado de alteración de una asociación en una determinada muestra.

Palabras Clave.— Nanoplankton calcáreo, Helicolitos, Sistemática, Paleocología, Conservación, Neógeno, Cuenca del Guadalquivir (España), Cuenca Surrifeña (Marruecos), D.S.D.P., Atlántico.

SUMMARY.— The present paper is centred on the study of helicoliths which can be recognized in different sections of the Guadalquivir and South-Riff basins (Spain and Morocco), as well as in Deep Sea Drilling Project sites of the Western-Atlantic. Of said morphotype a systematic study is carried out, similarly another quantative character is shown with wich we will try to prove its variability depending on environmental changes which could have taken place. By comparison with the distribution of the other

* Departamento de Geología. Area de Paleontología. Universidad de Salamanca. 37008 Salamanca. España.

(Proyecto C.A.I.C.Y.T. PB85-0315-C 02-00)

index taxa, it is observed that the morphotype in general (whose dominant specie is *Helicosphaera carteri* [WALLICH]) suffers a quantitative reduction linked to a lowering of the temperature of the water masses. The most important quantitative change takes place in the Upper Tortonian. Towards the Upper Messinian a certain recuperation seems to start, probably related to a relatively warmer waters.

Aspects of preservation are also dealt with. The relatively easy dissolution of the *Helicosphaera* taxa determines that, based on its absence, presence and the particular state of the nannoliths, they can be used to evaluate the degree of alteration of an association in a determined sample.

Key Words.— Calcareous nannoplankton, Helicoliths, Systematic, Paleocology, Preservation, Neogene, Guadalquivir Basin (Spain), South-Riff Basin (Moroco), D.S.D.P., Atlantic Ocean.

INTRODUCCIÓN

Los helicólitos son unos de los morfotipos que con mayor regularidad se encuentran en las asociaciones de nanoflora calcárea en el Paleógeno y Neógeno. Alguno de sus representantes han sido introducidos como marcadores biozonales en las más clásicas zonaciones (MARTINI, 1971; BUKRY, 1973). A este hecho hay que añadir su indudable utilidad para la determinación de las condiciones ambientales que se definían en el entorno en que se desarrollaron, ya que hoy en día son cuantitativamente importantes los individuos de algunas especies en ciertos medios. Asimismo, sus peculiares características estructurales, la disolución diferencial que tiene lugar comparando este morfotipo con los del resto que acostumbran a configurar la asociación, da lugar a poderlos emplear (en función de su ausencia y/o presencia) como indicador del estado de conservación.

En el presente trabajo se han estudiado una serie de secciones de la Cuenca del Guadalquivir, Surrifeña y sondeos DSDP cuyas descripciones se encuentran en los trabajos de SIERRO (1984), FLORES (1985), FLORES & SIERRO (1987) y SIERRO et al. (en prensa) cuya posición se refleja en la figura 1. Aparte de la mera descripción sistemática de las cuatro especies presentes, se ha realizado un estudio cuantitativo de dicho morfotipo, analizando su distribución en función de características sedimentológicas y de la situación de los diferentes eventos que se registran en el nanoflora.

TÉCNICAS

En relación a este punto se han seguido las pautas propuestas por FLORES (1985), en las que sobre parámetros constantes de masa, volumen y superficie

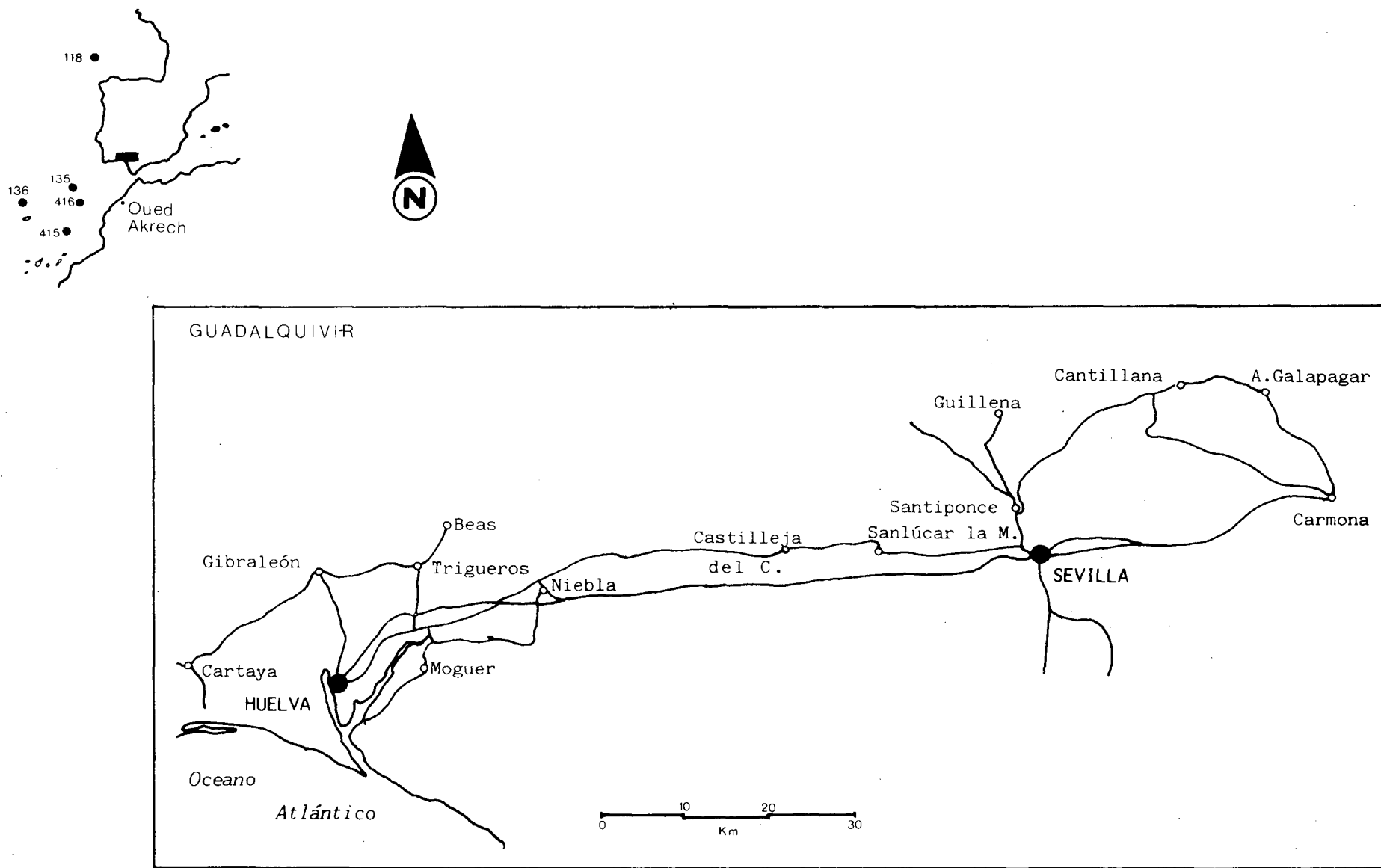


FIG. 1. Situación geográfica de las secciones de la Cuenca del Guadalquivir y Surrifeña, y sondeos oceánicos D.S.D.P. analizados.

de extensión, se realiza un conteo sobre un número próximo a 600 individuos. De esta manera, y para el caso concreto que nos ocupa, quedan registrados todos aquellos helicólitos cuya frecuencia de registro se sitúa por encima del 0,5 %. Para detectar la presencia y evaluar, aunque en términos menos precisos, la proporción de aquellos menos frecuentes, se eleva el número total de nanolitos observados a 10.000-20.000 (véase FLORES, 1985 y FLORES & SIERRA, 1987).

Las observaciones se han realizado fundamentalmente en un microscopio óptico, con una ampliación de 1.250 aumentos. De manera menos regular se ha empleado el microscopio electrónico de barrido.

TERMINOLOGÍA EMPLEADA (Glosario de términos)

HELICOLITO.— Nanolito elíptico o subcuadrangular, con los elementos periféricos del escudo distal simulando un giro en espiral. El escudo proximal no muestra este efecto (sentido de BLACK, 1967; modificado por THEODORIDIS, 1984).

ALA.— Expansión terminal del escudo distal.

ALTURA.— Máxima distancia entre los escudos proximal y distal.

AREA CENTRAL.— Región interna del helicólitito limitada por los elementos de los escudos.

BARRA.— Estructura rectilínea que surca el área central (transversal a ésta).

CUBIERTA.— Superficie irregular de elementos que se dispone sobre el escudo distal.

DEXTRORSO.— Que gira en sentido de izquierda a derecha en vista distal.

DISTAL.— Con desarrollo hacia la parte externa de la nanosfera.

ELEMENTO.— Unidad estructural.

EJE MAYOR (DIÁMETRO MÁXIMO).— Longitud máxima entre los márgenes del escudo distal.

EJE MENOR (DIÁMETRO MÍNIMO).— Longitud mínima entre los márgenes del escudo distal.

ESCUDO.— Franja o franjas periféricas de elementos.

ESTRUCTURA CENTRAL.— Construcción resultante de la disposición variada de diferentes elementos en el área central.

EXCENRICIDAD.— Cociente entre los ejes mayor y menor.

FLANCO.— Borde.

LATERAL.— Zona (o vista) marginal comprendida entre los extremos distal y proximal.

PERFORACIÓN.— Orificio.

PERIFERIA.— Margen externo.

PROXIMAL.— Con desarrollo hacia la parte interna de la nanosfera.

SINISTRORSO.— Que gira en sentido derecha-izquierda en vista distal.

SISTEMÁTICA

Helicosphaera KAMPTNER, 1954 emend. THEODORIDIS, 1984

Los taxones que se identifican con este género constituyen la totalidad de integrantes del morfotipo helicólitito, caracterizado por su «apariencia» helicoi-

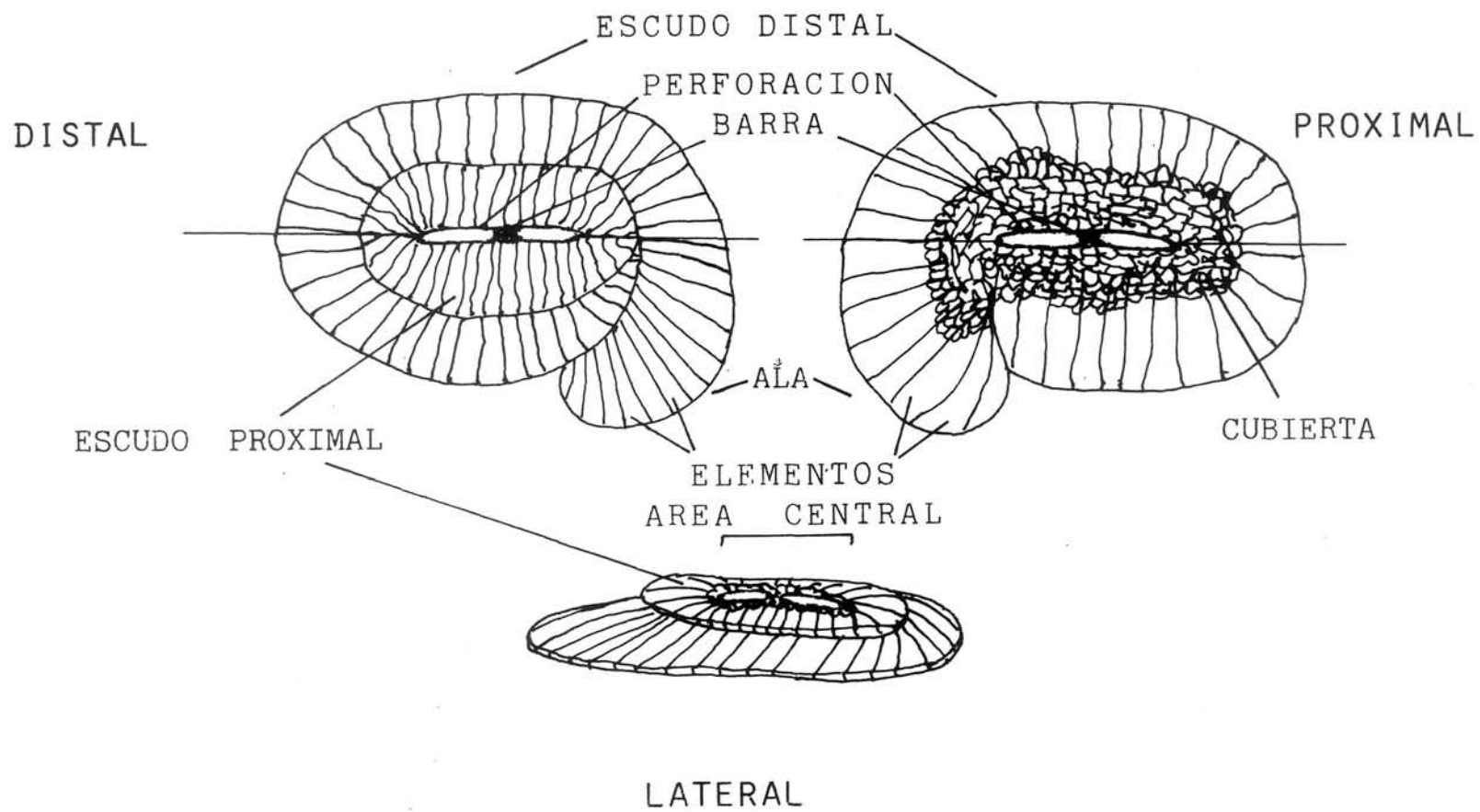


FIG. 2. Morfotipo helicolito (ver Glosario de términos).

dal en una o ambas caras. Sin embargo, como consecuencia del propio desarrollo de las investigaciones, y fundamentalmente a causa de la falta de precisión de las descripciones originales, han surgido dos «escuelas». Los términos que adoptan una y otras son *Helicosphaera* KAMPTNER y *Helicopontosphaera* HAY & MOHLER. Tanto JAFAR & MARTINI (1975) como THEODORIDIS (1984) llevan a cabo excelentes trabajos sinópticos en relación al tema, que nos han servido de partida para el nuestro.

Sobre las especies propuestas por WALLICH (1877), *Coccosphaera pelagica* WALLICH y *Coccosphaera carteri* WALLICH existe una diferencia morfológica fundamental en cuanto a la nanosfera se refiere: la primera es esférica, mientras que la segunda tiende a ser ovoidal, con abertura apical (WALLICH, 1877); asimismo los nanolitos integrantes de este último tipo muestran un desarrollo espiral (KAMPTNER, 1944). El mismo KAMPTNER (1954), en base a los caracteres anteriormente mencionados, propone para la hasta entonces denominada *Coccosphaera carteri*, e individuos afines, el término *Helicosphaera*. Aparte de la cita ahora reseñada, cabe destacar la descripción casi simultánea que realiza DEFLANDRE (in DEFLANDRE & FERT, 1954).

Con posterioridad HAY & MOHLER (in HAY et al. 1967) proponen para la designación de estos nanolitos *Helicopontosphaera* («con aspecto de lopadolito»), empleando como especie tipo *Helicopontosphaera kamptneri* HAY & MOHLER, al opinar que la originalmente descrita *Coccosphaera carteri* WALLICH (= *Helicosphaera carteri* [WALLICH]) no poseía el modelo estructural que ahora ellos observan, pues según reseñan, la única diferencia que se marcó con *Coccosphaera pelagica* WALLICH (= *Coccolithus pelagicus* [WALLICH]) fueron dos perforaciones de aquélla por una de esta. Esta argumentación es la que presentan para defender que su nuevo término no es superfluo.

CLOCCHIATTI (1971) relaciona el morfotipo helicolito con placolitos, y considera en base a ello inválida la denominación *Helicopontosphaera*, que se definió como claramente relacionada con lopadolitos. En este sentido está de acuerdo JAFAR (1975). THEODORIDIS (1984) realiza una revisión del género, y como los anteriores autores se inclina por la acepción *Helicosphaera* KAMPTNER, mostrando esquemas en los que trata de demostrar su relación con los lopadolitos; en el estudio que lleva a cabo señala además la independencia de dos escudos, así como una característica y variable «cubierta» fuertemente birrefringente. Ninguno de los escudos, según muestra, posee disposición helicoidal, siendo la característica morfológica de estos nanolitos una efecto consecuente con la forma variable de los elementos en el escudo distal. En función de la configuración de los escudos distales, así como en base a las diferentes figuras de interferencia, define una serie de modelos, que en este trabajo no introducimos.

A la vista de lo expuesto, nos inclinamos por la acepción *Helicosphaera* KAMPTNER, como la correcta para la designación de los helicolitos.

Helicosphaera carteri (WALLICH, 1899) KAMPTNER, 1954

Lámina 1; figs. 1-6. Lámina 2; figs. 1-18. Lámina 3; figs. 1, 2 y 14

- 1877 *Coccosphaera carteri* WALLICH; pp. 348; L. 17; fig. 3, 4, 6, 17.
 1902 *Coccolithophora wallichii* LOHMANN; pp. 138; L. 5; fig. 58-60.
 1930 *Coccolithus wallichii*; SCHILLAER; pp. 247; fig. 124.
 1941 *Coccolithus carteri*; KAMPTNER; pp. ?; L. 12; fig. 134; L. 13; fig. 135-136.
 1941 *Coccolithus wallichii*; KAMPTNER; pp. 112.
 1954 *Helicosphaera carteri*; KAMPTNER; pp. 21; fig. 17-19.
 1954 *Helicosphaera carteri*; DEFLANDRE; pp. 152; fig. tex. 9-11, 75.
 1955 *Coccolithus palagicus* form. *diademata* GARDET; pp. 511; L. 5; fig. 4-6.
 1963 *Helicosphaera carteri*; KAMPTNER; pp. 163.
 1963 *Helicosphaera carteri*; MARTINI & BRAMLETTE; pp. 850.
 1964a *Helicosphaera carteri*; COHEN; pp. 21; L. 3; fig. o-q; L. 17; fig. a-d.
 1964b *Helicosphaera carteri*; COHEN; pp. 238; L. 3; fig. 2a-g; L. 4; fig. 1 a-c.
 1967 *Helicopontosphaera kamptneri*; HAY et al.; pp. 448; L. 10; fig. 5.
 1967 *Helicosphaera carteri*; MCINTYRE & BE; pp. 584; L. 1; fig. a
 1967 *Helicosphaera carteri*; BRAMLETTE & WILCOXON; pp. 105; L. 6; fig. 9-10.
 1967 *Helicosphaera carteri*; LEVIN & JOERGER; pp. 168; L. 2; fig. 12 a-c.
 1968 *Helicosphaera carteri*; BLACK, pp. 80; L. 167; fig. 1-2.
 1969 *Helicopontosphaera wallichii*; BOUDREAUX & HAY; pp. 133; L. 6; fig. 9.
 1969 *Helicosphaera carteri*; CLOCCHIATTI; pp. 1; L. 1-3.
 1969 *Helicopontosphaera kamptneri*; MARTINI; pp. 288; L. 26; fig. 12-13.
 1969 *Helicopontosphaera kamptneri*; BOUDREAUX & HAY; pp. 272; L. 6 fig. 8, 10-15.
 1970 *Helicosphaera carteri*; BARTOLINI; pp. 140; L. 6 fig. 1-5.
 1970 *Helicosphaera carteri*; LEHOTAYOVA; pp. 167; L. 24 fig. 1; L. 27; fig. 1-2; L. 28; fig. 1-2.
 1970 *Helicopontosphaera kamptneri*; NISHIDA; L. 1; fig. 14-15.
 1970 *Helicosphaera carteri*; NORRIS; pp. 15.
 1971 *Helicopontosphaera kamptneri*; MARTINI & WORSLEY; pp. 1495.
 1971 *Helicosphaera carteri*; NISHIDA; L. 1; fig. 11.
 1971 *Helicopontosphaera kamptneri*; HAQ & LIPPS; L. 1; fig. h.
 1971 *Helicosphaera carteri*; GAARDER & HOSLE; pp. 533; L. 9; fig. a-c.
 1971 *Helicosphaera carteri*; CLOCCHIATTI; pp. 38; L. 16; fig. 1-4; L. 17; fig. 1.
 1972 *Helicopontosphaera kamptneri*; ELLIS et al.; pp. 29; L. 5 fig. 6; L. 6; fig. 1-2.
 1972 *Helicopontosphaera kamptneri*; MARTINI & MULLER; pp. 68; L. 1 fig. 2; L. 2; fig. 13-14.
 1973 *Helicopontosphaera kamptneri*; ROTH; pp. 733; L. 1; fig. 1, 3 L. 4; fig. 2-3.
 1973 *Helicopontosphaera kamptneri*; NISHIDA; L. 2; fig. 3.
 1973 *Helicosphaera carteri*; FONSECA; pp. 573; L. 3; fig. 1-6.
 1973 *Helicopontosphaera kamptneri*; SACHS & SKINNER; L. 3; fig. 21-24.
 1973 *Helicopontosphaera kamptneri*; HEKEL; pp. 5.
 1974 *Helicopontosphaera kamptneri*; LEHOTAYOVA; pp. 523; L. 3; fig. 1-2.
 1975 *Helicopontosphaera kamptneri*; LEHOTAYOVA; pp. 31; L. 36; fig. 1-2.
 1975 *Helicopontosphaera kamptneri*; MULLER et al.; pp. 810; L. 2; fig. 13.
 1975 *Helicopontosphaera kamptneri*; ELLIS; pp. 660.
 1975b *Helicopontosphaera kamptneri*; JAFAR; pp. 76; L. 9; fig. 1-7.
 1975 *Helicosphaera carteri*; JAFAR & MARTINI; pp. 389; L. 1; fig. 4-5.
 1976 *Helicosphaera carteri*; SAN MIGUEL; pp. 157; L. 28; fig. 58; L. 29; fig. 58; L. 70.

- 1976 *Helicopontosphaera kamptneri*; SIESSER; pp. 138; L. 11; fig. c-f; L. 12; fig. a-b.
 1976 *Helicosphaera carteri*; MARTINI; L. 9; fig. 8.
 1977 *Helicosphaera wallichii*; OKADA & MCINTYRE; L. 14 fig. 8.
 1977 *Helicopontosphaera wallichii*; PERCH-NIELSEN; L. 24; fig. 1.
 1977 *Helicosphaera carteri*; MARTINI; pp. 128.
 1977 *Helicopontosphaera kamptneri*; HOWE & ELLIS; L. 2 fig. 6.
 1977 *Helicosphaera carteri*; FUCHS & STRADNER; pp. 26; L. 1; fig. 15; L. 4; fig. 7-12
 L. 6; fig. 2.
 1977a *Helicopontosphaera kamptneri*; GARTNER; L. 2; fig. 3-4.
 1978 *Helicosphaera carteri*; SANTEBLÉN; L. 3; fig. 3, 6.
 1978 *Helicosphaera carteri*; DEMIRTZAKIS & THEODORIDIS; L. 3; fig. 11.
 1978 *Helicosphaera carteri*; PROTO-DECIMA et al.; L. 2 fig. 2.
 1979 *Helicosphaera carteri*; MOSHKOVITZ & MARTINOTTI; L. 2 fig. 2.
 1980 *Helicosphaera carteri*; MOSHKOVITZ & EHRlich; pp. 19 L. 3; fig. 16-19, 22-23.
 1980 *Helicosphaera carteri*; BACKMAN; L. 8; fig. 1.
 1981b *Helicosphaera carteri*; CHI; L. 1; fig. 16.
 1981 *Helicosphaera carteri*; PAVSIC & MIHAJLOVIC; L. 2; fig. 1-6; L. 3; fig. 3; L. 6; fig.
 2-4; L. 7; fig. 11, 14-16.
 1981 *Helicosphaera carteri*; HEIMDAL & GAARDER; pp. 56.
 1982 *Helicosphaera carteri*; STRADNER & ALLRAM; L. 6; fig. 8; L. 8; fig. 1-2.
 1982 *Helicosphaera carteri*; MUZYLOV; L. 1; fig. 3.
 1984 *Helicosphaera carteri*; BERGEN; L. 5; fig. 3-4.
 1984 *Helicosphaera carteri*; WEI & SRINIVASAN; pp. 335; L. 1; fig. 1-2; L. 3; fig. 2a-c.
 1984 *Helicosphaera carteri*; THEODORIDIS; pp. 131; L. 23 fig. 5-9; L. 26; fig. 7.
 1984 *Helicosphaera carteri* var. *carteri*; THEODORIDIS; pp. 132; L. 23; fig. 5.
 1984 *Helicosphaera carteri* var. *burkei*; THEODORIDIS; pp. 133; L. 23; fig. 6-7.
 1984 *Helicosphaera carteri* var. *wallichii*; THEODORIDIS; pp. 133 L. 23; fig. 8-9; L. 27;
 fig. 7.
 1985 *Helicosphaera carteri*; FLORES; pp. 20.
 1985 *Helicopontosphaera kamptneri*; PUJOS; pp. 563; L. II; fig. 8.
 1986 *Helicosphaera carteri*; CONSTANS & PARKER; L. III; 4.
 1986 *Helicosphaera wallichii*; CONSTANS & PARKER; L. II; 7.

Helicolito subcuadrangular o elíptico con una, dos o tres perforaciones centrales pequeñas, o carente de ellas.

PUNTUALIZACIONES

Escudo distal

Elíptico, subcuadrangular, con alta excentricidad. Espiral «girada» sinistramente*, constituyendo una franja que ocupa 3/4 del total de la superficie del nanolito, con 80-100 elementos cuneiformes alargados e irregulares que tienden a expandirse en su extremo, a veces con imbricaciones puntuales. La expansión terminal varía considerablemente, pudiendo llegar a duplicar la an-

* Recuérdese que THEODORIDIS (1984) demuestra que el efecto de hélice se produce como consecuencia de la morfología de los elementos, y no en razón de una disposición preferencial de ellos.

chura del resto del escudo; las suturas, irregulares, suelen aparecer poco marcadas y ligeramente inclinadas en sentido sinistroso, tendiendo a unirse en la zona central. La talla de los elementos no varía apreciablemente en el inicio de la espiral, pero sí es acusada entre los de las zonas extremas. Periferia uniforme.

Escudo proximal

Subelíptico muy alargado, con los extremos definiendo una elipse, conectado con el distal pero independiente. Los elementos en número similar al del escudo suprayacente, son idénticos en planta a los de talla inferior de aquél, aunque en este caso cuneiformes sencillos. Normalmente es difícil diferenciarlos. La separación con el escudo distal no es uniforme en todo el trazado, presentándose considerablemente más separado en la zona de la expansión y en el flanco, en el que parece continuarse el escudo distal. La periferia también es uniforme.

Área central

Estrecha y alargada en el sentido del eje mayor, ocupando una cuarta parte de la superficie distal y deprimida en su parte central, mientras que en la proximal se presenta más reducida. Está constituida por pequeños elementos sin disposición concreta que delimitan un surco central normalmente perforado, apareciendo una o dos barras. Los poros que se definen suelen ser circulares o elípticos, alargados oblicuamente al eje mayor; otras veces no se reconocen las barras, o bien no existe más que un surco sin perforación. Lo expuesto se refiere a su vista distal. En lo referente a su vista proximal, esta suele manifestarse menos expandida, pero con los caracteres antes reseñados.

Cubierta

Constituida por grandes placas dispuestas sobre el escudo distal llegando a ocupar más de 2/3 o la totalidad; los elementos que constituyen esta estructura son irregulares y no presentan una ordenación especial.

Figura de interferencia

Constituye el principal carácter diferenciativo con los sistemas ópticos de observación, ya que por lo general no presenta gran relieve. El surco central aparece oscurecido, surcado por una serie de «puntos» (dependiendo de la estructura que cruce la franja abierta) y líneas de extinción angulares que se cierran en el extremo del helicólitico cuando el individuo se sitúa a 0° (o equivalentes) en relación a la dirección de polarización. Cuando el ángulo es de 45° , en la totalidad del individuo aparece una cruz: el eje mayor lo recorre una línea y del centro parten otras dos que se curvan hacia los extremos.

TALLA

Diámetro máximo entre las 6 y 9 micras.

Diámetro mínimo de 4 a 6 micras.

Excentricidad media 1.50 (\pm 0.10).

El extremo más expandido presenta 102 micras más que el diámetro menor medio.

DISTRIBUCIÓN CRONOESTRATIGRÁFICA

Los primeros representantes se citan en el Eoceno (KAMPTENER, 1941; BRAMLETTE & SULLIVAN, 1961), y es muy frecuente hallarlos en los mares actuales (WALLICH, 1877; MCINTYRE & BE, 1967; BARTOLINI, 1970).

OBSERVACIONES

Es característica común de todas las muestras observadas una fuerte oscilación en la talla y en la expansión del extremo de escudo distal, número de aberturas y amplitud de éstas. Este hecho ya ha sido puesto de manifiesto por autores como BRAMLETT & WILCOXON (1967), COHEN (1964a, b y 1967). BARTOLINI (1970), HEKEL (1973) y JAFAR (1975), entre otros, y no parece tener importancia sistemática.

Difiere de *Helicosphaera sellii* (BUKRY & BRAMLETTE) por tener esta las perforaciones mayores, así como una mejor definida área central, aparte de la forma más elíptica. De *Helicosphaera rhomba* (BUKRY) por la gruesa barra central que ésta presenta y la consecuente figura de extinción que determina.

THEODORIDIS (1984) describe *Helicosphaera paleocarteri* THEODORIDIS, que se diferencia de *Helicosphaera carteri* (WALLICH) por la carencia de aberturas centrales alineadas por la sutura principal, así como *Helicosphaera acuta* THEODORIDIS, cuyos vértices son más apuntados y el contorno general más alargado. El estatus de estas especies es altamente discutido pues no parecen definirse características significativamente diferentes con el modelo propuesto para *Helicosphaera carteri* (WALLICH). Asimismo, este autor define tres variedades de la especie de encabezamiento, que citamos en la sinonimia. Otras especies, como con *Helicosphaera bukreyi* BLACK (in BLACK, 1971), *Helicosphaera neogranulata* (GARTNER) y *Helicosphaera colombiana* (GARTNER) (in GARTNER, 1977a), se asemejan a la especie en discusión y parecen requerir una revisión profunda; asimismo esto parece oportuno en el caso de *Helicosphaera granulata* (BURKY & PERCIVAL), de la que THEODORIDIS (1984) insinúa que es una forma «preservacional» de *Helicosphaera carteri* (WALLICH).

Helicosphaera orientalis BLACK, 1971.

Lámina 3; figs. 5-6; 10-11

- 1971 *Helicosphaera orientalis* BLACK pp. 619; L. 45.3 fig. 22.
 1974 *Helicosphaera pacifica* MULLER & BRONNIMANN; pp. 48 fig. 1-10.
 1975 *Helicosphaera pacifica*; JAFAR & MARTINI (valid.).
 1975 *Helicosphaera orientalis*; JAFAR & MARTINI (valid.).
 1975 *Helicopontosphaera orientalis*; JAFAR; pp. 77; L. 9; fig. 16-17, 19-21.
 1981 *Helicosphaera philippiniensis* MULLER; pp. 429; L. 1; fig. 7-12.
 1984 *Helicosphaera orientalis*; THEODORIDIS; pp. 118; L. 13; fig. 4; L. 17; fig. 2 L. 18; fig. 2-5; L. 25; fig. 6.
 1984 *Helicosphaera* cf. *orientalis*; THEODORIDIS; 118; L. 17; fig. 10; L. 18; fig. 1; L. 25; fig. 5.
 1984 *Helicosphaera pacifica*; THEODORIDIS; pp. 119; L. 18 fig. 6-8; L. 25; fig. 7.
 1985 *Helicosphaera orientalis*; FLORES; pp. 20.

Helicolito rectangular de muy pequeño tamaño, con área central amplia. Al observarlo con los nícoles cruzados únicamente permanece iluminada una franja interna, correspondiente a la cubierta.

PUNTUALIZACIONES

Escudo distal

Rectangular, con los vértices redondeados y los elementos de muy pequeño tamaño, aciculares y ordenados radialmente, simulando una espiral. Suturas difícilmente visibles. El extremo del escudo puede expandirse, acusándose más este rasgo como consecuencia de la separación progresiva del escudo proximal. Periferia regular.

Escudo proximal

Subrectangular o elíptico, poseyendo la mitad de anchura que el suprayacente, del que es independiente. Por lo demás, los elementos que lo constituyen y su morfología, en planta, son idénticos.

Área central

Elíptica, muy alargada; en su vista distal aparece ocupando algo más del 1/5 del total de la superficie, fuertemente deprimida. Proximalmente define una superficie similar, pero aparece cerrada por un entramado granular en el que se dibujan a su vez una serie de poros que frecuentemente se encuentran cegados por recrecimiento. Pueden reconocerse ocasionalmente otros dos poros mayores alargados, oblicuos al eje mayor.

Cubierta

Sobre el escudo distal aparece una estructura irregular con elementos de talla variable que lo recubre, pero que no parece tener conexión con el área central propiamente dicha. Esta estructura puede llegar a ocupar las 2/3 partes, pero por lo general es menor.

Figura de interferencia.

Característica para la identificación y para la localización al microscopio óptico, ya que el bajo relieve que presentan, cuando se observa con la luz polarizada una sola vez, los hacen pasar desapercibidos. Con los nícoles cruzados, únicamente aparecen iluminados cuatro segmentos dispuestos según los lados del rectángulo y pertenecientes a la cubierta. Tanto el área central como los escudos distal y proximal, permanecen en extinción, o con una baja birrefringencia.

TALLA

Diámetro máximo de 4 a 5 micras.

Diámetro mínimo entre las 3 y 3.5 micras.

Excentricidad media 1.3 (± 0.10).

DISTRIBUCIÓN CRONOESTRATIGRÁFICA

MÜLLER (1971), citando *Helicosphaera pacifica* MÜLLER & BRONNIMANN propone una dispersión desde la NN-7 a la NN-11 (siguiendo la notación de MARTINI, 1971). THEODORIDIS (1984), reseñando *Helicosphaera orientalis* BLACK, la reconoce en sedimentos equivalentes a la NN-6. En las secciones aquí presentadas aparece regularmente hasta el límite Tortoniense-Messiniense, pero se reconoce en más bajas proporciones hasta el Messiniense superior.

OBSERVACIONES

Se trata de una especie poco citada en la literatura, aunque en nuestra secciones aparezca con regularidad. THEODORIDIS (1984) cita independientemente las especies *Helicosphaera pacifica* MÜLLER & BRONNIMANN y *Helicosphaera orientalis* BLACK, que diferencia, en el caso de la primera, por un área central cerrada por una estructura porosa, mientras que la segunda aparece con dos perforaciones oblicuas al eje mayor. Este mismo autor comenta que los individuos mal preservados se confunden con mucha facilidad. A la vista de nuestras observaciones pensamos que estos táxones precisan de un estudio profundo (con microscopía electrónica), para llegar a definir con certeza su entidad, o aunar dichas «formas» en un solo taxon, pues como hemos comentado en el apartado correspondiente es muy posible que uno y otro modelo obedezcan a estados de conservación diferentes.

1971 *Helicosphaera rhomba* (BUKRY, 1971) JAFAR & MARTINI, 1975.

Lámina 3, figs. 3, 7-9, 12-13

1971 *Helicopontosphaera rhomba* BUKRY; pp. 320; L. 5; fig. 6-9.

1975 *Helicosphaera rhomba*; JAFAR & MARTINI (valid).

1976 *Helicosphaera rhomba*; PERCH-NIELSEN; L. 24; fig. 3, 5-6.

Helicolito subcuadrangular o elíptico, con amplia área central surcada por una barra ancha, que con nícoles cruzados aparece brillante cuando se orienta a 0° con la dirección de polarización, y en extinción a los 45°.

PUNTUALIZACIONES

Escudos

La disposición de los elementos, tanto en el escudo proximal como en el distal, son similares a la que presenta *Helicosphaera carteri* WALLICH, aunque el número de elementos en función de su talla es menor.

Área central

Amplia, ocupando aproximadamente la mitad de las superficies proximal y distal del helicolito. Externamente presenta una estrecha franja constituida por pequeños elementos en disposición irregular que insinúan un collar. Ligera-mente inclinada en relación al eje menor que se define, se puede observar una gruesa barra que ocupa siempre más de 1/3 parte de la superficie abierta del área central, constituida por al menos dos alineaciones de diminutos elementos; esta barra se encuentra en discontinuidad con el escudo distal, sus bordes son paralelos y delimitan dos perforaciones semielípticas.

Figura de interferencia

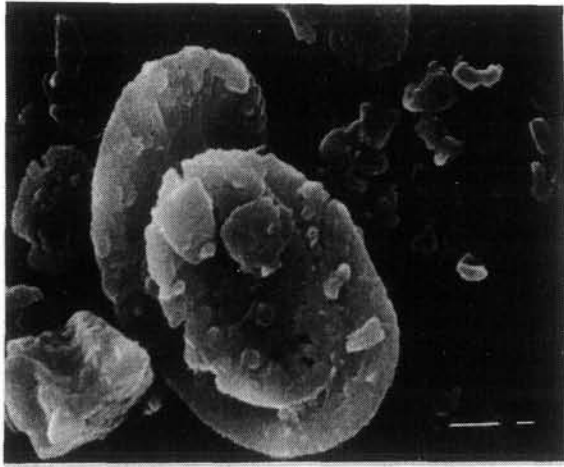
El modelo de extinción del área central es el determinante para su identificación. Con los nícoles cruzados y orientado el eje mayor del helicolito a 45° (o equivalente) de la dirección del plano de polarización, el área central aparece completamente oscurecida, en cambio cuando la dirección definida es paralela o perpendicular al plano de polarización, muestra una barra brillante en clara discontinuidad con el resto del helicolito. En general, la figura que se manifiesta no difiere sustancialmente de la que propusimos para *Helicosphaera carteri* (WALLICH).

TALLA

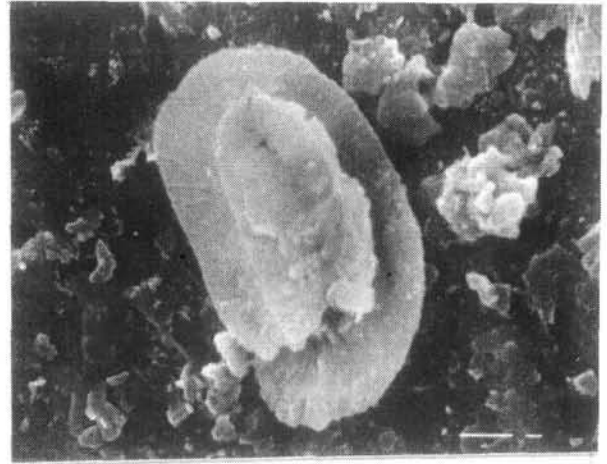
Diámetro máximo: 8 a 10 micras.

Diámetro mínimo: 5 a 6 micras.

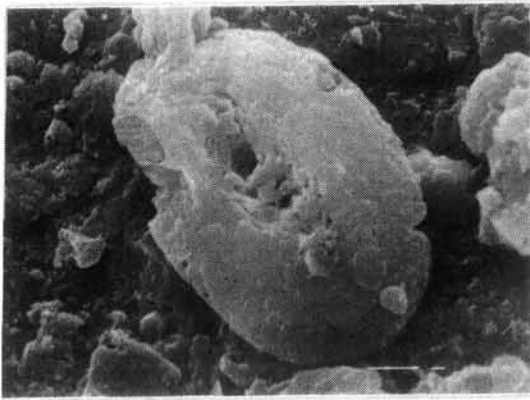
Excentricidad media alrededor de 1.7.



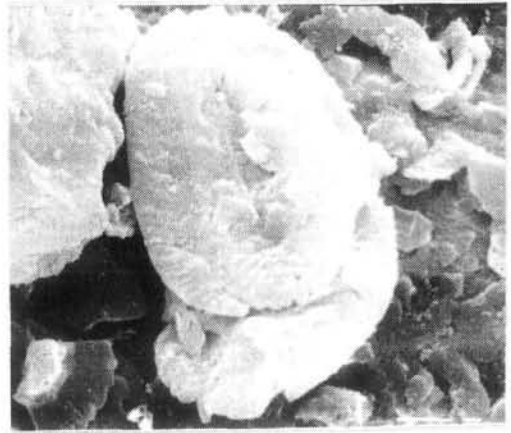
1



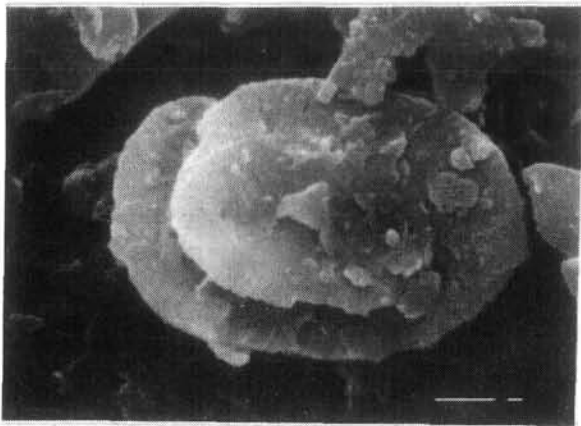
2



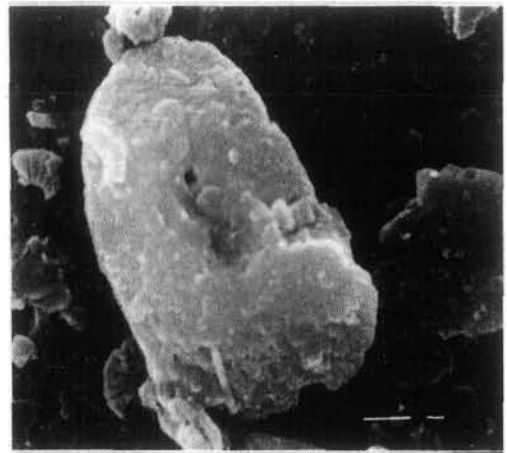
3



4



5



6

LÁMINA 1. 1-6 *Helicosphaera carteri* (WALLICH). Cada una de las líneas horizontales mayores equivale a 1 micra.

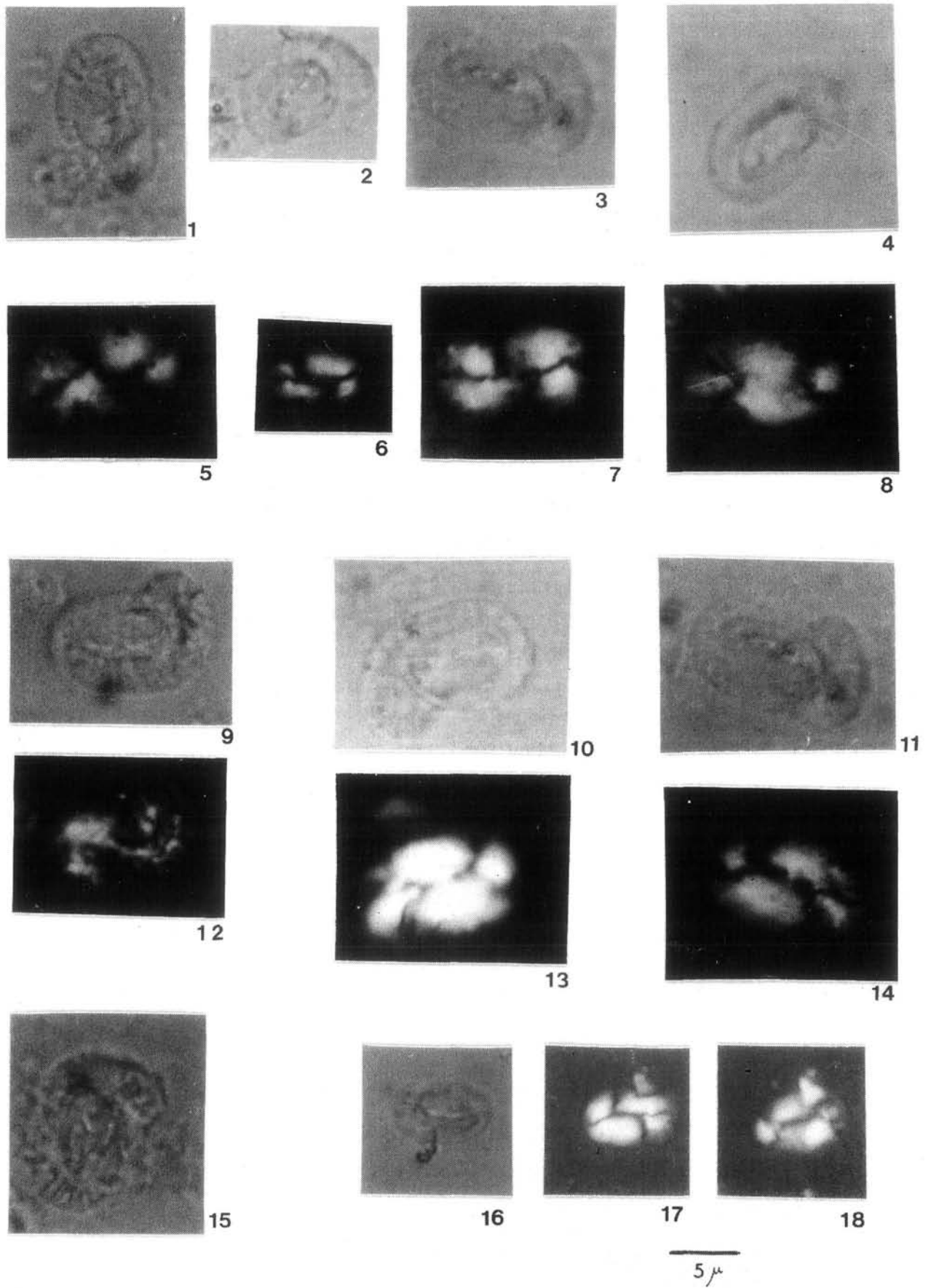


LÁMINA 2. 1-18 *Helicosphaera carteri* (WALLICH).

DISTRIBUCIÓN CRONOESTRATIGRÁFICA

BUKRY (1971) la cita desde el Mioceno medio, mientras que VAROL (1982) la registra aún en la NN-15. En las cuencas del Guadalquivir y Surrifeña se reconocen regularmente hasta el Tortoniense superior; a partir de entonces, y hasta el Messiniense superior, de forma esporádica.

OBSERVACIONES

El peculiar modelo de interferencia descrito como definitorio en la reseña original de BUKRY (1972), es la principal característica que lo diferencia de táxones tan afines como *Helicosphaera carteri* (WALLICH). El resto de especies con las que se puede confundir parecen ser evidentemente resedimentadas. El mismo BUKRY (*op. cit.*) comenta que se distingue de *Helicosphaera lophota* BRAMLETTE & SULLIVAN por ser más alargada, con mayor abertura central y bandas de extinción de los ejes cortos más difusas. De *Helicosphaera intermedia* MARTINI, por tener mayor tamaño y sin barra con figura de interferencia sigmoideal. De *Helicosphaera eufratis*, por la más abierta área central y la barra alineada diagonalmente; esta especie ha sido considerada sinónima de la que reseñamos (THEODORIDIS, 1984), pero nuestra opinión es que las figuras de interferencia que muestran una y otra son distintas, igualmente existe una bien marcada diferencia cronoestratigráfica ya que *Helicosphaera eufratis* HAQ desaparece en el Mioceno medio. De *Helicosphaera bramlettei* (MÜLLER) se diferencia por la forma más alargada y por la barra diagonal. De *Helicosphaera sellii* (BUKRY & BRAMLETTE) la distingue el menor tamaño de esta y las mayores aberturas que separa una barra estrecha, que con los nícoles cruzados permanece en continuidad óptica durante todo el giro de la platina.

Hemos de reseñar por nuestra parte, que los ejemplares que hemos podido reconocer son por lo general sensiblemente inferiores en talla a los que el autor cita en la descripción original. El resto de caracteres son idénticos.

Helicosphaera sellii (BUKRY & BRAMLETTE, 1969) JAFAR & MARTINI, 1975

Lámina 3; fig. 4

- 1969 *Helicopontosphaera sellii* BUKRY & BRAMLETTE; pp. 134; L. 2; fig. 3-7.
- 1972 *Helicopontosphaera sellii*; PERCH-NIELSEN; L. 18; fig. 4-6.
- 1973 *Helicopontosphaera sellii*; HAQ; pp. 44; 1.6; fig. 3; L. 7; fig. 5.
- 1973 *Helicopontosphaera sellii*; ROTH; pp. 733.

- 1973 *Helicopontosphaera sellii*; HEKEL; pp. 5.
 1975 *Helicopontosphaera sellii*; ELLIS; 661.
 1975 *Helicosphaera sellii*; JAFAR & MARTINI; pp. 391.
 1976 *Helicosphaera sellii*; SAN MIGUEL; pp. 165; L. 70 fig. 8.
 1977a *Helicopontosphaera sellii*; GARTNER; L. 1; fig. 6-7; L. 4; fig. 1.
 1977b *Helicopontosphaera sellii*; GARTNER; L. 1; fig. 6a-b, 7a-b L. 4; fig. 1-2; L. 3; fig. 1-2.
 1978 *Helicosphaera sellii*; HAQ & BEGGREN; L. 2; fig. 17-20.
 1978 *Helicopontosphaera sellii*; SAMTLEBEN; L. 2; fig. 1.
 1978 *Helicopontosphaera sellii*; NISHIDA; L. 2; fig. 11.
 1978 *Helicosphaera sellii*; PROTO-DECIMA et al.; L. 1 fig. 23-24.
 1979 *Helicopontosphaera sellii*; RAFFI & RÍO; pp. 153; L. 10 fig. 1-4; L. 12; fig. 2.
 1979 *Helicosphaera sellii*; MOSHKOVITZ & MARTINOTTI; L. 2; fig. 3.
 1980 *Helicosphaera sellii*; BACKMAN; L. 8; fig. 26.
 1980 *Helicopontosphaera sellii*; MOSHKOVITZ & EHRLICH; pp. 19 L. 3; fig. 15, 20.
 1980 *Helicosphaera carteri*; SIESSER; L. 8; fig. 1-2.
 1981a *Helicosphaera sellii*; CHI; L. 1; fig. 4.
 1981b *Helicosphaera sellii*; CHI; L. 1; fig. 13; L. 5 fig. 5.
 1982 *Helicosphaera sellii*; MUZYLOV; L. 1; fig. 31.
 1984 *Helicosphaera sellii*; BERGEN; L. 5; fig. 1-2.
 1984 *Helicosphaera sellii*; THEODORIDIS; pp. 128; L. 26; fig. 7.
 1985 *Helicosphaera sellii*; FLORES; pp. 20.
 1985 *Helicopontosphaera sellii*; PUJOS; pp. 563; L. 2; fig. 9.
 1986 *Helicosphaera sellii*; CONSTANS & PARKER; L. 4, fig. 2.

Helicolito subelíptico, con dos grandes perforaciones en el área central separadas por una fina barra, que con nícoles cruzados aparece en continuidad óptica con el resto conforme se gira la platina.

PUNTUALIZACIONES

Escudo distal

Elíptico, con una ligera expansión en uno de los extremos, ocupando al menos la mitad del nanolito; constituido por alrededor de 70 elementos cuneiformes finos (en planta) que se imbrican moderadamente en sentido dextrorso, su disposición dibuja una elipse. Las suturas que determinan aparecen algo curvadas en el mismo sentido de la imbricación, por lo general poco marcadas. La periferia es regular, aunque ocasionalmente puede presentar un ligero aseado.

Escudo proximal

Elíptico, regular, aproximadamente 1/3 menor que el distal del que está independizado. Las características de los elementos, en disposición radial se mantienen constantes y con tallas similares al de los menores del escudo superior, si bien, cuando la conservación no es muy buena no llegan a identificarse. Su periferia es regular.

Área central

Ocupa alrededor de la mitad del placolito, y se caracteriza, tanto en su cara proximal como en la distal, por constituirse por dos perforaciones separadas por una barra inclinada unos 10° en relación al eje menor; éste es muy fino y ocupa más de un sexto de la superficie perforada. Por su cara proximal aparece en continuidad con los elementos integrantes del escudo inferior, a la vez que se manifiesta la desconexión con el escudo distal.

Cubierta

Superpuesta a la práctica totalidad del escudo distal, y constituida por grandes elementos desiguales.

Figura de interferencia

Con nícoles cruzados presenta una figura de extinción similar a la de *Helicosphaera carteri* WALLICH, reconociéndose en este caso de forma patente la barra central y las dos perforaciones que limita. La primera estructura se halla en continuidad óptica con el resto del nanolito, aún girando la platina.

TALLA

Diámetro máximo de 6 a 9 micras.

Diámetro mínimo, entre las 4 y las 6 micras.

Excentricidad media, 1.60 (\pm 0.10).

La expansión terminal del escudo distal suele presentar una magnitud en torno a una micra por encima de la reseñada para el eje menor.

DISTRIBUCIÓN CRONOESTRATIGRÁFICA

BACKMAN (1980) la reseña en el Mioceno medio, mientras que HAQ & BERGGREN (1978) la reconocen por primera vez en el Mioceno superior; tortoniense superior, de acuerdo con GARTNER (1977b). Aun se registra en el Pleistoceno (RAFFI & RÍO, 1979; BUKRY & BRAMLETTE, 1969); GARTNER, 1977 a y b; BACKMAN & SHAKLETON (1983/84), si bien esta especie parece presentar su «acmé» en el Plioceno. En las muestras estudiadas por nosotros se reconoce con regularidad, aunque en baja proporción, en lo que parece corresponder a un Messiniense final, para ser más regular en el Plioceno. No obstante, en el Tortoniense superior y Messiniense inferior se observan ejemplares similares que nosotros hemos denominado *Helicosphaera* cf. *sellii*.

OBSERVACIONES

RAFFI & RÍO (1979) hacen mención al valor estratigráfico según puntualizó GARTNER (1977a), y confirman la máxima abundancia hacia el Plioceno. Según

el último autor reseñado difiere de *Helicosphaera inversa* (GARTNER) por la periferia más oval y la barra menos inclinada en el caso de *Helicosphaera sellii* (BUKRY & BRAMLETTE). BUKRY & BRAMLETTE (1969) la diferencian de *Helicosphaera carteri* (WALLICH) por el área central abierta más amplia, así como por la morfología más elíptica; sin embargo hemos podido poner de manifiesto que muchos ejemplares de *Helicosphaera carteri* (WALLICH) con amplia abertura central (¿disolución?), pueden llegar a confundirse, en cuyo caso el contorno de la periferia es el único rasgo diferenciativo. De *Helicosphaera rhomba* (BUKRY) la diferencia la morfología general más rectangular de ésta, así como la barra más ancha sin conexión con el resto del helicolito cuando se observa el ejemplar con los nícoles cruzados.

PALEOECOLOGÍA

El género *Helicosphaera*, y más en concreto alguno de sus representantes, pueden ser empleados como indicadores paleoclimáticos, dado que se trata de un taxon que se halla con cierta regularidad en las masas de aguas marinas actuales. En el caso de *Helicosphaera carteri* (WALLICH), McINTYRE (1967) reconoce su presencia en el presente en aguas subtropicales del Atlántico Norte, con una amplia distribución; el rango térmico que le asigna es de 16-26° C, siendo, no obstante, más abundante entre las isoterms de 21 y 26°. OKADA & McINTYRE (1975) amplían el rango térmico de distribución a los 5-30° C, si bien de acuerdo con NISHIDA (1974), SCHNEIDERMANN (1973) y CHI (1982), parece haber un incremento acusado hacia las latitudes más bajas. NISHIDA (1979) en estudios llevados a cabo en el Pacífico, observa que la máxima abundancia de representantes de esta especie se sitúa entre los 10 y 30° N. Sin embargo, de acuerdo con los comentarios de otros autores, como es el caso de BUKRY (1972), no todas las especies de *Helicosphaera* parecen reaccionar de igual manera ante las diferentes condiciones térmicas, así dicho autor insinúa que *Helicosphaera sellii* (BUKRY & BRAMLETTE) fue relativamente más abundante en latitudes altas. En este sentido hay que puntualizar que la mayoría de los representantes del género que se reconocen en las asociaciones presentes y del Neógeno son fundamentalmente *Helicosphaera carteri* (WALLICH); de manera que una balance global de este morfotipo nos va a aproximar al valor real de dicha especie. En este sentido, en sedimentos de las cuencas del Guadalquivir y Surrifeña y sondeos oceánicos del Atlántico Oriental, hemos desarrollado análisis cuantitativos que aparecen sintetizados en la figura 3. Previamente, sobre alguna de estas secciones FLORES (1985) y FLORES & SIERRA (1987) habían realizado estudios del total de la asociación, centrándose fundamentalmente en las variaciones de los reticulofenéstidos de pequeña talla (grupo de *Reticulofenestra haqii* / *Reticulofenestra minutula* y el de los denominados

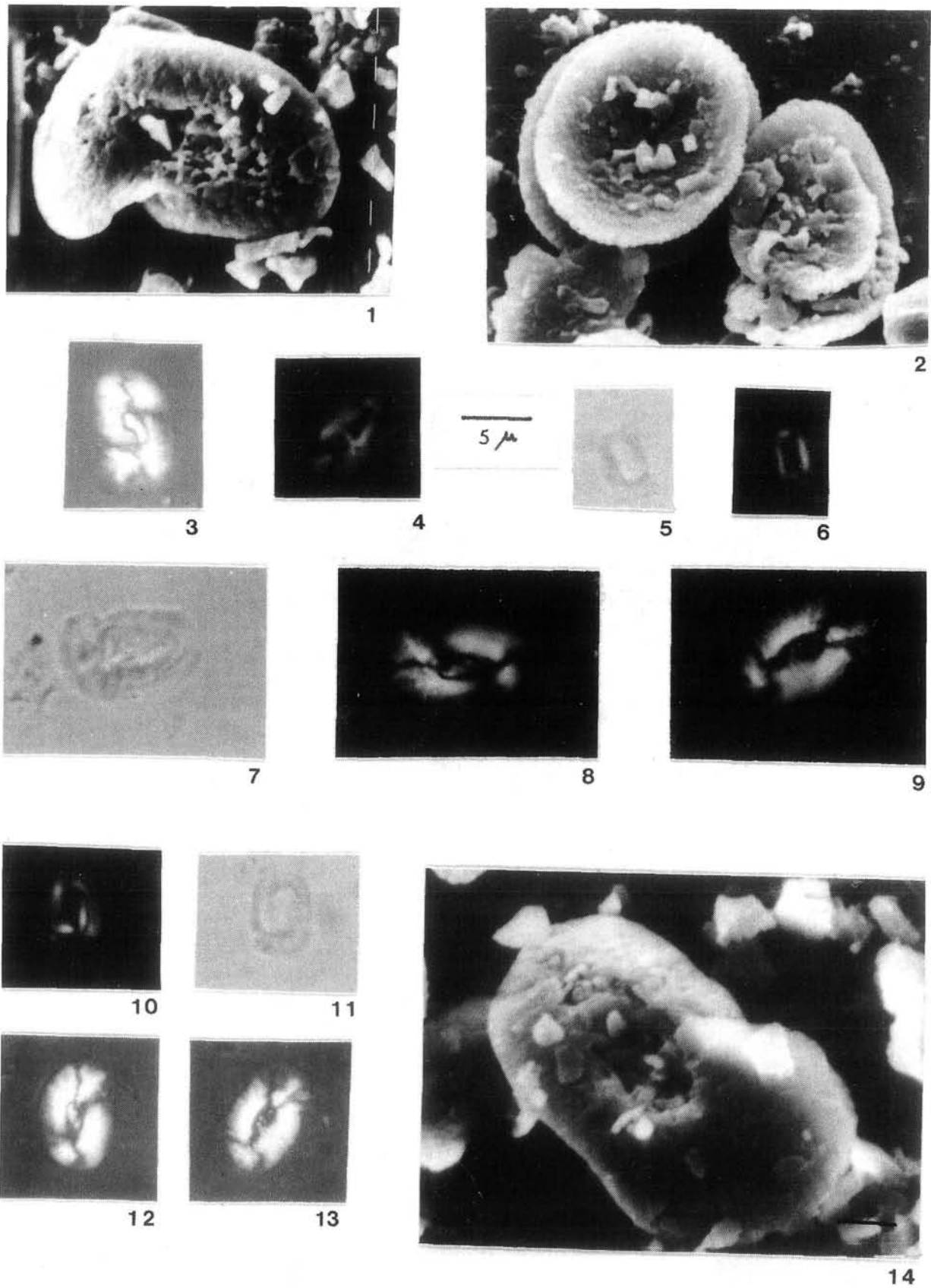


LÁMINA 3. 1, 14 *Helicosphaera carteri* (WALLICH); 2 *Reticulofenestra pseudoumbilicus* (Gartner) y *Helicosphaera carteri* (WALLICH); 3, 7-9, 12-13 *Helicosphaera rhomba* (BUKRY); 4 *Helicosphaera sellii* (BUKRY & BRAMLETTE); 5-6, 10-11 *Helicosphaera orientalis* BLACK. En las figuras realizadas con microscopio electrónico de barrido, cada una de las líneas horizontales mayores equivale a 1 micra.

«pequeños placolitos»), así como de otras especies consideradas significativas, como son *Coccolithus pelagicus* (WALLICH) y *Dictyococcites antarcticus* HAQ, junto con otros grupos que se emplean regularmente como suministradores de información, como es el caso de los asterolitos. En este análisis más detallado se observa que existe una distribución idéntica entre los helicolitos y los representantes del grupo *Reticulofenestra haqii*/*Reticulofenestra minutula*, produciéndose la inversión en el dominio de los «pequeños placolitos» sobre el anteriormente reseñado prácticamente a la vez que se da una drástica reducción de los helicolitos, en el Tortoniense superior. Igualmente, se observa una cierta recuperación del morfotipo que ahora nos ocupa hacia el Messiniense superior/Plioceno, una vez más coincidente con el incremento relativo del grupo *Reticulofenestra haqii* / *Reticulofenestra minutula*. La peculiar distribución de los placolitos de baja talla en el lapso reseñado coincide además con variaciones en la abundancia de *Dictyococcites antarcticus* HAQ y *Coccolithus pelagicus* (WALLICH), que observan un reparto inverso de muro a techo (reduciéndose en ese sentido *Coccolithus pelagicus* (WALLICH); ver FLORES, 1985). De igual modo, aunque de forma no tan evidente, parece darse una progresiva reducción de los asterolitos, al menos hasta la mitad del Messiniense. Las «anomalías» en la distribución de los helicolitos que puede observarse en ciertas secciones, sobre todo en algunos sondeos oceánicos y en las series superiores con una litología acorde a la más baja batimetría en que se desarrollaron, responden a disolución.

En los trabajos citados de FLORES y FLORES & SIERRA (ops. cit.) se interpretaban los cambios relatados como producidos por un enfriamiento relativo de las masas de agua en el Tortoniense superior, y una relativa recuperación de las temperaturas hacia finales del Messiniense. De acuerdo con la información que se posee sobre los representantes actuales de *Helicosphaera carteri* (WALLICH), mayoritario en las asociaciones, la hipótesis se ve apoyada por estos datos.

En lo relativo a otros factores que influyen en la distribución espacial, una vez referido a la especie *Helicosphaera carteri* (WALLICH), Bukry (1971) y SAN MIGUEL (1976) refieren que se trata de una especie común en aguas poco profundas, efecto que el primer autor considera determinado por la resistencia selectiva.

En relación a la salinidad de las masas de agua en las que se desarrollan, hay que decir, según HAQ & MALMGREN (1982), que *Helicosphaera carteri* (WALLICH) (denominándola *Helicopontosphaera kamptneri* HAQ et al.), parece tratarse de una especie que aparece en medios con concentración normal, o bien relativamente alta.

Las secciones estudiadas responden a masas de agua que podrían definirse como «transicionales» debido a que se encuentran mezclados taxones tanto de

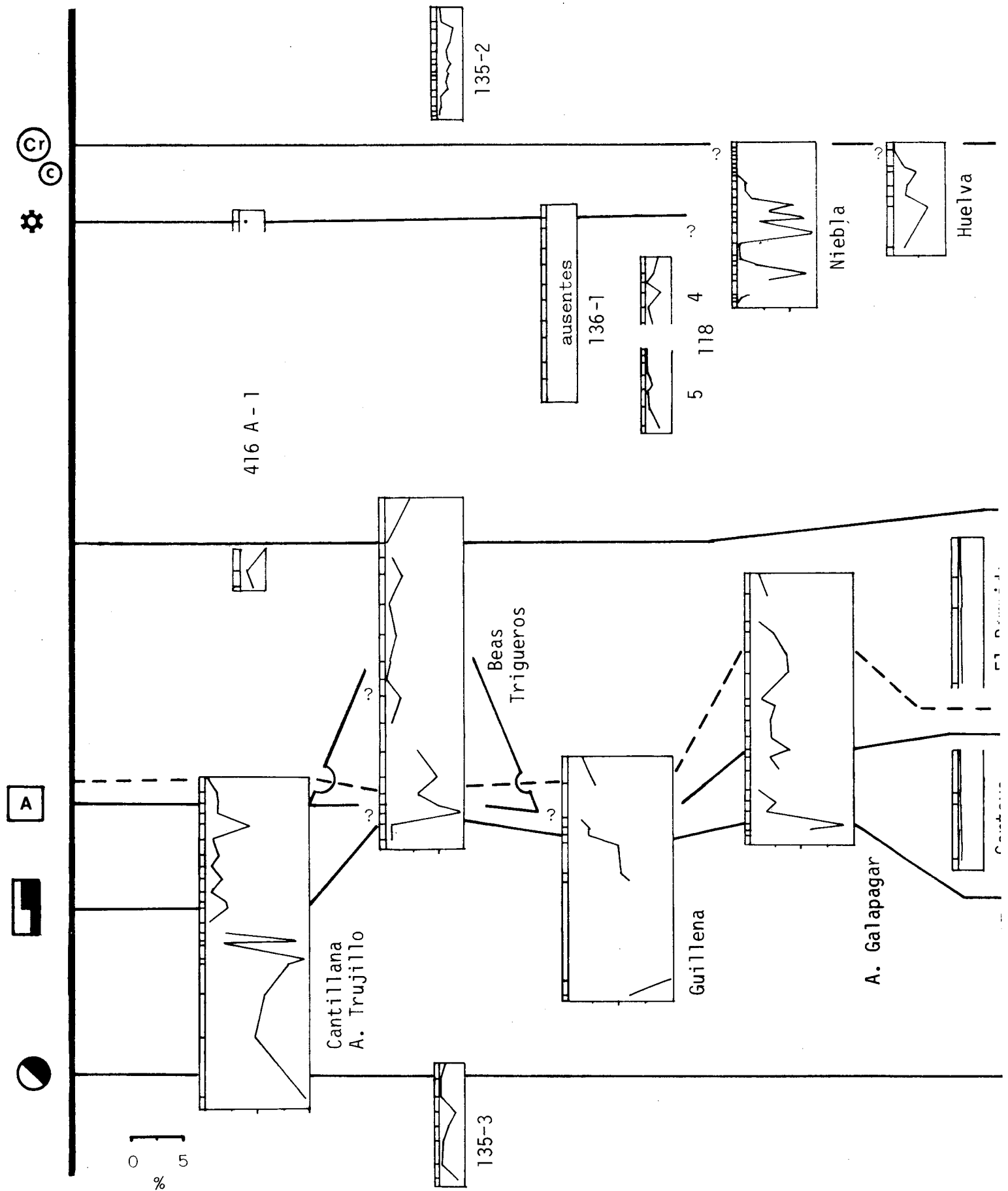
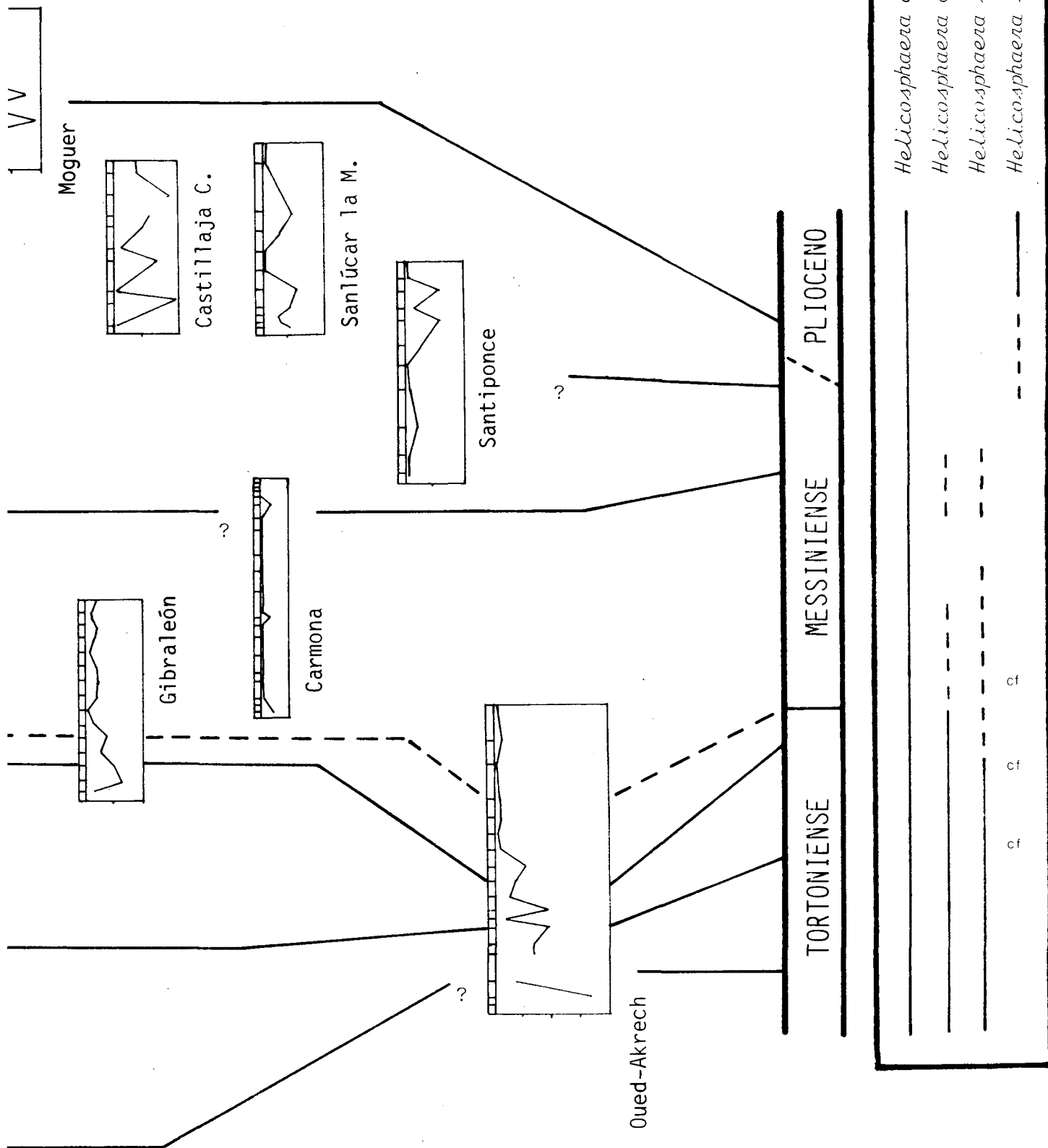


FIG. 3. Variaciones en la distribución cuantitativa y cualitativa de *Helicosphaera* en las diferentes secciones y sondeos estudiados, y posición relativa en relación a los eventos definidos con el análisis de las asociaciones de nanoplancton calcáreo. Detalles en cuanto a las características de las



secciones, sondeos y eventos, pueden hallarse en FLORES (1985), FLORES y SIERRO (1987) y SIERRO ET AL: (en prensa). La amplitud vertical de las secciones no guarda relación con la potencia real, sino que están dispuestas de acuerdo con su amplitud cronoestratigráfica.

áreas meridionales como septentrionales, sin un dominio claro de ninguna de ellas (FLORES, 1985). Los helicolitos aparecen con relativa regularidad, aunque sólo en casos excepcionales llegan a sobrepasar el 5 % (figura 3).

OBSERVACIÓN

Las características de resistencia selectiva de los helicolitos y su presencia regular en las asociaciones de nanoplancton en el Cenozoico posibilitan que (en base a la ausencia, presencia o el estado particular en que se hallen) puedan ser empleados para determinar el «grado de alteración» de la asociación, y por lo tanto su significación.

Desde una óptica historicista señalamos que en primer lugar que, BUKRY (1971) incluye el género *Helicosphaera* dentro de las formas poco resistentes, y comenta que en base a esta calidad su presencia puede interpretarse como depositadas originalmente en aguas poco profundas. ROTH (1973) observa igualmente su fácil solubilidad, y añade que las especies del Neógeno son más resistentes que las del Eoceno y Oligoceno. En el mismo año ADELSECK et al. (1973) demuestran en el laboratorio la poca resistencia a la disolución. En otros trabajos posteriores, como son los presentados por HONJO (1975) o SAN MIGUEL (1976) se comenta que existe una más acusada disolución en la periferia del nanolito, mientras que hacia las zonas centrales puede darse un recrecimiento que incluso llegue al cierre de los poros.

En nuestro estudio hemos podido comprobar las afirmaciones postuladas por los autores reseñados. En los sondeos 135-2, 135-3, 118-5, 118-4, 416A-1, se observa en general una menor proporción de helicolitos que en algunas equivalentes de la Cuenca del Guadalquivir, llegando incluso a desaparecer de alguno, como es el caso del sondeo 136-1. De cualquier modo, no siempre se puede afirmar que la baja proporción de este morfotipo se deba siempre a factores sin o postsedimentarios, ya que en alguno de ellos aparecen representantes más fácilmente solubles con asiduidad (caso de *Pontosphaera*) y gran número de helicolitos observados no muestran acusada disolución parcial. Como ya se ha señalado en los apartados correspondientes, la alteración parcial de los helicolitos se puede manifestar como disolución en la periferia, o en las perforaciones del área central así como recrecimiento en la misma área central, o bien en la cubierta distal. Modificaciones en este sentido pueden dar lugar a variaciones que dificulten la identificación.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento al Prof. Dr. Jorge CIVIS, así como al resto de miembros del Area de Paleontología de la Universidad de Salamanca, por su apoyo y ayuda durante la realización de este trabajo.

Asimismo quiero hacer constar mi agradecimiento a la Organización del DSDP (Deep Sea Drilling Project), por las facilidades para la obtención de muestras de los sondeos estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

- ADELSECK, C.; GEEHAR, G. W. y ROTH, P. H. (1973). Experimental evidence for the selective dissolution and overgrowth of Calcareous nannofossils during diagenesis. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 84/8; 2755-2762.
- BACKMAN, J. (1980). Miocene-Pliocene nannofossils and sedimentation rates in the Hatton-Rockall basin, NE Atlantic Ocean. *Stock-holm Cont. Geol.*, 36; 1-91.
- BACKMAN, J. & SHACKLETON, N. J. (1983/84). Quantitative biochronology of Pliocene and Early Pleistocene calcareous nannofossils from the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. *Marine Micropaleontology*, 8; 141-170.
- BARTOLINI, C. (1970). Coccoliths from sediments of the western Mediterranean. *Micropaleontology*, 16/2; 129-154.
- BERGEN, J. A. (1984). Calcareous nanoplankton from Deep Sea Drilling Project leg 78A: Evidence for imbricate underthrusting at the Lesser Antillian active margin. *Init. Repts. DSDP*, 78; 411-445.
- BLACK, M. (1968). Taxonomic problems in the study of coccoliths. *Paleontology*, 11; 793-813.
- BLACK, M. (1971). The systematics of coccoliths in relation to the paleontological record. In Funnell, B.M. and Riedel, W. R. (Eds.). *The Micropaleontology of the Oceans*; 611-621.
- BOUDREAUX, J. E. y HAY, W. W. (1969). Calcareous nanoplankton and biostratigraphy of the Late Pliocene-Pleistocene-Recent sediments in the Submarex cores. *Rev. Esp. Micropal.*, 1; 249-292.
- BRAMLETTE, M. N. y SULLIVAN, F. R. (1961). Coccolithophore and related nanoplankton of the Early Tertiary of California. *Micropaleontology*, 7; 129-188.
- BRAMLETTE, M. N. y WILCOXON, J. A. (1967). Middle Tertiary calcareous nanoplankton of the Cipero section, Trinidad, W.I. *Tulane Studies Geol. Pal.* 5; 93-132.
- BUKRY, D. (1971). Cenozoic calcareous nannofossils from the Pacific Ocean. *San Diego Soc. Nat. Hist. Trans.*, 16/4; 303-328.
- BUKRY, D. (1972). Further comments Coccoliths Stratigraphy, leg 12, Deep Sea Drilling Project. *Init. Repts. DSDP*, 12; 1.071-1.083.
- BUKRY, D. (1973). Low latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Init. Repts. DSDP*, 15; 685-703.
- BUKRY, D. y BRAMLETTE, M. N. (1969). Some new and stratigraphically useful calcareous nannofossils of the Cenozoic. *Tulane Studies Geol. Pal.* 7; 131-142.
- CHI, W. R. (1981 a). Calcareous nanoplankton from the sediments of the Liuchiuhsu, Southwestern Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, 24, 141-147.
- CHI, W. R. (1981). Calcareous nanoplankton biostratigraphy and stratigraphic correlation of the Mesozoic and Cenozoic Sequences in central, southern, and eastern Taiwan, Republic of China. *10th Ann. Conv., Indonesia Petroleum Assoc.* Jakarta. 1-40.
- CHI, W. R. (1982). The calcareous nanoplankton of the Lichi Melange and the Kenting Melange and their significance in the interpretation of Plate-Tertiaires of the Taiwan Region. *Ti-Chi*, 4/1; 99-112.

- CLOCCHIATTI, M. (1969). Contribution à l'étude de *Helicosphaera carteri* (WALLICH) KAMPTNER (Coccolithophoridae). *Revue de Micropaleontologie*, 12; 75-83.
- CLOCCHIATTI, M. (1971). Contribution à l'étude du nannoplancton calcaire du Neogène d'Afrique du Nord. *Mem. Mus. Nat. Hist. Natur. Nouv. Serv. C*, 23; 1-135.
- COHEN, D. (1964 a). Coccolithophorids and discoasters from Adriatic bottom sediments. *Leds. Geol. Medid.*, 35; 1-44.
- COHEN, D. (1964 b) Coccolithophorids from two Caribbean deep-sea cores. *Micropaleontology*, 10/2; 231-250.
- CONSTANTS, R. E. & PARKER, M. E. (1986). Calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoclimatic indices for the late Quaternary, Deep Sea Drilling Project leg 96, Gulf of Mexico. *Init. Repts. DSDP*, 96; 601-630.
- DEFLANDRE, D. y FERT, C. (1954). Observations sur les coccolithophorides actuels et fossiles en microscope ordinaire et électronique. *Ann. Paleontol.*, 40; 1-68.
- DEMIRTZAKIS, M. D. y THEODORIDIS, S. (1978). Planktonic foraminifera and calcareous nannoplankton from the Pliocene of Koufonisi Island (E. Crete, Greece). *Ann. Geol. Pays Hellen.* 29; 630-642.
- ELLIS, H. (1975). Calcareous nannofossil biostratigraphy, Deep Sea Drilling Project Leg 31. *Init. Repts. DSDP*, 31; 655-676.
- ELLIS, H.; LOHMANN, W. H. y WRAY, J. L. (1972). Upper Cenozoic Calcareous nannofossils from the Gulf of Mexico, D.S.D.P. Leg 1, site 3. *Quart. Colorado School of Mines*, 67; 1-103.
- FLORES, J. A. (1985). Nanoplancton calcáreo en el Neógeno del borde occidental de la Cuenca del Guadalquivir (SO de España) *Tesis Doctoral Universidad de Salamanca*, 1-714 (inérita). Resumen: *Eds. Universidad de Salamanca*, 1-37.
- FLORES, J. A. y SIERRO, F. J. (1987). Calcareous plankton in the Tortonian-Messinian transition of the Northwestern edge of the Guadalquivir Basin (SW Spain). *Abh. Geologischen Bundesanstalt*, 39; 64-87.
- FONSECA, B. (1973). Notes sur la géologie et la Paleontologie du Miocene de Lisbonne. *Rev. Fac. Cienc. Lisboa*, 2.º Ser., C, 17; 569-580.
- FUCHS, R. y STRADNER, H. (1977). Über Nannofossilien im Badenien (Mittelmiozaen) dar Zentralen Paratethys. *Beitr. Palaeont. Osterr.*, 2; 1-58.
- GAARDER, K. R. y HASLE, G. R. (1971). Coccolithophorids of the Gulf of Mexico. *Mar. Science*, 21; 519-544.
- GARDET, M. (1955). Contribution a l'étude des coccolithes des terrains neogènes de l'Algérie. *Pub. Ser. Cart. Geol. de l'Algérie Nov. Ser.*, 5; 477-550.
- GARTNER, S. (1977a). Calcareous nannofossil biostratigraphy and revised zonation of the Pleistocene. *Marine Micropaleontology*, 2; 1-25.
- GARTNER, S. (1977b). Nannofossils and biostratigraphy: an overview. *Earth-Science Rev.*, 13; 227-250.
- HAQ, B. U. (1973). Evolutionary trends in Cenozoic coccolithophore genus *Helicopontosphaera*. *Micropaleontology*, 19; 32-52.
- HAQ, B. U. y BERGGREN, W. A. (1978). Late Neogene calcareous plankton biochronology of the Rio Grande Rise (S Atlantic Ocean). *J. Paleontol.*, 52; 1.167-1.194.
- HAQ, B.U. y LIPPS, J. H. (1971). Calcareous nannoplankton. *Init. Repts. DSDP*, 7; 777-789.
- HAY, W. W.; MOHLER, P. H.; SCHMIDT, R. R. y BOURDREAUX, J. E. (1967). Calcareous nannoplankton zonation of the Cenozoic of the Gulf Coast and Caribbean-Antillean area and transoceanic correlation. *Trans, Gulf Coast. Assoc. of Geol. Soc.* 17; 428-480.
- HEIMDAL, B. R. & GAARDER, K. R. (1981). Coccolithophorids from the Northern part of the eastern central Atlantic II. Heterococcolithophorids. «Meteor» *Forsch. D*, 33; 37-39.

- HEKEL, H. (1973). Late Oligocene to Recent nannoplankton from the Capricorn basin (Great Barrier Area). *Geol. Surv. Queensland* 359 Paleont. papers., 1-24.
- HOWE, R. C. & ELLIS, C. H. (1977). Calcareous nannofossils from Mid-Atlantic basement rocks of DSDP leg. 37. *Canadian Journ. Earth Sc.*, 14/4; 2; 707-715.
- JAFAR, S. A. (1975 a). Some comments on the calcareous nannoplankton genus *Scyphosphaera* and the neotypes of *Scyphosphaera* species from Rotti, Indonesia. *Senckenbergiana Lethaea*; 56/ 4-5; 399-428.
- JAFAR, S. A. (1975 b). Calcareous nannoplankton from the Miocene of Rotti, Indonesia. *Kon. Ned. Akad. Wet. Verh.*, 28; 1-99.
- JAFAR, S. A. y MARTINI, E. (1975). On the validity of the calcareous genus *Helicosphaera*. *Senckenbergiana Lethaea*, 51; 381-397.
- KAMPTNER, E. (1941). Die Coccolithineen der Südwestküste von Istrien. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 51; 54-148.
- KAMPTNER, E. (1944). Coccolithineen-Studien im Golf von Neapel. *Osterr. Bot. Z.*, 93; 138-147.
- KAMPTNER, E. (1954). Untersuchungen über den Feinbau der Coccolithen. *Arch. Protistekunde*, 100, 1-9.
- KAMPTNER, E. (1955). Fossile Coccolithineen-Skelettreste aus Insulinde. Eine Mikropaläontologische Untersuchung. *Verh. Kon. Afd. Natuurk.*, ser. 2, 50; 1-105.
- KAMPTNER, E. (1963). Coccolithineen-Skelettreste aus Tiefseablagerungen des Pazifischen Ozeans. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 66; 139-204.
- LEHOTAYOVA, R. (1970). Electron-Microscopic examination of calcareous nannoflora from Badenian of Western Eslovakia. *Zbornik Geol. Vied. ZK*, 13; 157-175.
- LEHOTAYOVA, R. (1974). Kalkige nannoflora des Sarmatien. *Chronostratigraphie und Neostratotypes Miozan M.S. Sarmatien*, 516-545.
- LEVIN, H. L. y JOERGER, A. P. (1967). Calcareous nannoplankton from the Tertiary of Alabama. *Micropaleontology*, 13; 163-182.
- LOHMANN, H. (1902). Die Coccolithophoridae, eine monographie der Coccolithen bildenden Flagellaten, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis des Mittelmeerauftriebs. *Archs. Protistenk.*, 1; 89-165.
- MARTINI, E. (1969). Nannoplankton aus dem Miozän von Gabon (Westafrika). *N. Jb. Geol. Paläont. Abb.*, 132/3; 285-300.
- MARTINI, E. (1971). Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. Proc. II Plankt. Conf. Roma. 1970; 739-785.
- MARTINI, E. (1976). Cretaceous to recent calcareous nannoplankton from the central Pacific Ocean (DSDP leg 33). *Init. Repts. DSDP*, 33; 383-423.
- MARTINI, E. (1977). Calcareous nannoplankton from the Koryntnica basin (Middle Miocene; Holly Cross Mountains, Poland). *Acta Geol. Polonica*, 27/3; 125-133.
- MARTINI, E. y BRAMLETTE, M. N. (1963). Calcareous nannoplankton from the experimental Mohole drilling. *J. Paleont.*, 37; 845-856.
- MARTINI, E. y MÜLLER, C. (1972). Nannoplankton aus dem nördlichen Arabischen Meer. *Meteor Forsch.*, 10; 63-74.
- MARTINI, E. y WORSLEY, T. (1971). Tertiary calcareous nannoplankton from the Western Equatorial Pacific. *Init. Repts. DSDP*, 7; 1.471-1.507.
- McINTYRE, A. (1967). Coccoliths as paleoclimatic indicators of pleistocene glaciation. *Science*, 158; 1.314-1.317.
- McINTYRE, A. y BE, A. W. H. (1967). Modern coccolithophoridae of the Atlantic Ocean I. Placoliths and cyrtoliths. *Deep-Sea Research*, 14; 562-597.
- MOSHKOVITZ, S. y EHRlich, A. (1980). Distribution of the calcareous nannofossils in the Neogene sequence of the Jaffa-1 borehole, Central coastal plain, Israel, *GSI, Projec no. 29926, Bull. Geol. Suvv. Israel*. P.D. 1/80; 1-25.

- MOSHKOVITZ, S. y MARTINOTTI, G. M. (1979). The biostratigraphy of the Pliocene-Pleistocene sequence of some boreholes in the Caesaria and Netanya areas (Calcareous nannofossils, Planctonic Foraminifera and Molluscs). *Israel J. Earth Sciences*, 28; 110-127.
- MÜLLER, C. (1981) Beschreibung neuer *Helicosphaera*-Arten aus dem Miozän und Revision biostratigraphischer Reichweiten einiger Neogenen Nannoplankton-Arten. *Senckenbergiana Lethaea*, 61; 427-435.
- MÜLLER, C. y BRONNIMAN, P. (1974). Eine neue Art der Gattung *Helicosphaera* KAMPTNER aus dem Pazifischen Ozean. *Eclog. Geol. Helv.* 67/3; 661-662.
- MÜLLER, C.; BLANC-VERNET, L.; CHAMLEY, H. y FROGET, C. (1975). Les Coccolithophorides d'une carotte Méditerranéenne, comparaison Paléoclimatologique avec les Foraminifères, les pteropodes et les argilles. *Tethys*, 4; 805-828.
- MUZYLOV, N. (1982). Nannoplankton stratigraphy leg 57 drill sites. *Init. Repts. DSDP*, 67; 383-399.
- NISHIDA, S. (1970). Preliminary notes on nannoplanktons from an Equatorial Pacific Deep Sea Core, *Journ. Mar. Geol.*, 6/1; 34-39.
- NISHIDA, S. (1971). Neogene calcareous nannoplankton from the Coast along the Sea of Japan. *Bull. Nara Un. Educ.* 20/2; 71-89.
- NISHIDA, S. (1973). Preliminary study of the Upper Cenozoic calcareous nannoplankton assemblages from the Nausei Islands (en japonés).
- NISHIDA, S. (1978). Calcareous nannoplankton fossils and their stratigraphic meaning (en japonés).
- NISHIDA, S. (1979). Atlas of Pacific nannoplanktons. *News Okada Micropal.* Sp. paper, 3; 1-31.
- NORRIS, R. E. (1971). Extant calcareous nannoplankton from the Indian ocean. *Proc. II Plank. Conf. Roma 1970*; 2; 899-909.
- OKADA, H. y MCINTYRE, A. (1977). Modern coccolithophores of the Pacific and North Atlantic Oceans, *Micropaleontology*, 23; 1-55.
- PAVSIC, J. y MIHAJLOVIC, D. (1981). Badenian («Tortonian») nannoflora from Visnjica (Belgradi area). *Glas* 329, 48; 1-16.
- PERCH-NIELSEN, K. (1972). Remarks on late Cretaceous to Pleistocene coccoliths from the North Atlantic. *Init. Repts. DSDP*, 12; 1.003-1.069.
- PERCH-NIELSEN, K. (1977). Albian to pleistocene calcareous nannofossils from the Western South Atlantic, DSDP Leg 39, *Init. Repts. DSDP*, 39; 699-823.
- PROTO-DECIMA F., MEDIZZA, F. y TODESCO, L. (1978). Southern Atlantic leg 40, calcareous nannofossils; *Init. Repts. DSDP*, 40; 571-634.
- PUJOS, A. (1985). Nannofossils from Quaternary deposits in the high-productivity area of the Central Equatorial Pacific, Deep Sea Drilling Project Leg 85. *Init. Repts. DSDP*, 85; 553-579.
- RAFFI, I. y RIO, D. (1979). Calcareous nannofossil biostratigraphy of DSDP site 132 (Tyrrhenian Sea- Western Mediterranean). *Riv. It. Paleont. Strat.* 85/1; 127-172.
- ROTH, P. H. (1973). Calcareous nannofossils-Leg 17, Deep Sea Drilling Project. *Init. Repts. DSDP*, 12; 695-795.
- SACHS, J. B. & SKINNER, H. C. (1973). Late-Pliocene Pleistocene nannofossils stratigraphy in the North Central Gulf Coast Area. *SEPM Proc. Symp. Calcareous Nannofossils*; 94-112.
- SAN MIGUEL, M. (1976). Estudio del Nanoplancton calcáreo del Estrecho Nort-Bético. *Mem. Tesis Doctoral Univ. Complutense de Madrid*; 1-314 (inérita).
- SAMTLEBEN, C. (1978). Pliocene-Pleistocene coccolith assemblages from the Sierra Leone Rise. *Init. Repts. DSDP*, 41; 913-931.
- SCHILLER, J. (1930). Coccolithineae. In *Rabenhorst's Kryptogamen Flora van Deutschland, Osterreich und der Schweiz*, 10/2; *Akademische Verlag.*; 89-267.

- SCHNEIDERMAN, N. (1973). Deposition of Coccoliths in the Compensation zone of the Atlantic Ocean. *SEPM Proc. Symp. Calcareous Nannofossils*; 140-151.
- SIERRO, F. J. (1984). Foraminíferos planctónicos y Bioestratigrafía del Mioceno superior-Plioceno del borde Occidental de la Cuenca del Guadalquivir (S.O. de España). *Tesis Doctoral Univ. Salamanca*, 1-319 (inédita). Resumen: *Eds. Universidad de Salamanca*; 1-34.
- SIERRO, F. J., FLORES, J. A., CIVIS, J. y GONZÁLEZ, J. A. (en prensa). Variations in the assemblages of keeled Globorotalids of the NE Atlantic and Mediterranean during the Upper Miocene. *Marine Micropaleontology*.
- SIESSER, W. G. (1976). Calcareous nannofossils in Pleistocene sediment cores from the South Africa Continental slope. *Trans Roy. Soc. S. Africa*. 42/2; 107-147.
- STRADNER, H. y ALLRAM, F. (1981). The nannofossil assemblages of D.S.D.P. Leg 66, Middle America trench. *Init. Repts. DSDP*, 66; 589-639.
- THEODORIDIS, S. A. (1984). Calcareous nannofossils biozonation of the Miocene and revision of the helicoliths and discoasters. *Utrecht Micropal. Bull*; 31; 1-271.
- WALLICH, M. D. Observations on the coccosphere. *Annals and Magazine of Nat. Hist.*, 19; 342-350.
- WEI, K. Y. y SRINIVASAN, M. S. (1984). Miocene calcareous nannofossils from Colebrook, North Passage and Great Nicobar Islands, Northeastern Indian Ocean. *Rev. Esp. Micropal.*, 16; 345-366.

(Recibido el 21-enero-1987;
Aceptado el 13-febrero-1988)