

LOS CERATOLITOS DE ALGUNAS SECCIONES DEL NOROESTE DE LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR (S.O. DE ESPAÑA) Y SONDEOS OCEANICOS (D.S.D.P.) ADYACENTES

J.-A. FLORES VILLAREJO *

RESUMEN.— En este trabajo se describen, discuten y figuran 7 especies del morfotipo «ceratolito» (nanoplancton calcáreo), procedentes de diferentes secciones del Tortonense superior, Messiniense y Plioceno inferior del borde noroeste de la Cuenca del Guadalquivir (España) y sondeos oceánicos adyacentes.

SUMMARY.— The present work describes and discusses 7 species of ceratoliths (Calcareous nannoplankton) from different Upper Tortonian, Messinian and Lower Pliocene sections from the NW edge of the Guadalquivir Basin (Spain) and 5 adjacent D.S.D.P. sites.

Palabras clave.

Nanoplancton calcáreo, ceratolitos, sistemática, Tortonense, Messiniense, Plioceno inferior, Cuenca del Guadalquivir, España.

Key words.

Calcareous nannoplankton, systematic study, Tortonian, Messinian, Lower Pliocene, Guadalquivir Basin, Spain.

KAMPTNER (1950) define el género *Ceratolithus* en función de sus características morfológicas; sin embargo, con posterioridad, en base a las peculiaridades ópticas que ya se habían observado anteriormente, GARTNER & BUKRY (1975) crean el género *Amaurolithus*, caracterizado por presentar el eje cristalográfico «C» del nanolito perpendicular o subperpendicular al plano sobre el que se asienta el ceratolito. Por consiguiente, en esa posición, que es la normal en la que aparecen en las preparaciones, no muestran brillo al observarlos con los nícoles cruzados (no birrefringente o con baja birrefringencia), en contraposición al ahora validado *Ceratolithus*, que con luz doblemente polarizada brilla.

* Departamento de Paleontología. Universidad de Salamanca.

Estos nanofósiles, pese a su relativa baja frecuencia en el registro, proporcionan una muy apreciada información bioestratigráfica en el Mioceno superior y Plioceno, en función de sus intervalos de distribución. En este sentido, sobre las especies reconocidas en las diferentes secciones del borde NO de la Cuenca del Guadalquivir y sondeos D.S.D.P.* próximos (figura 2), se realizarán las oportunas consideraciones, en lo referente a la descripción morfológica, así como otros inherentes a la distribución cronoestratigráfica, y similitudes y relaciones con otros taxones.

El morfotipo, en general, como ya insinuaran MAZZEI et al. (1979), parece responder a formas con preferencia a desarrollarse en medios de mar abierto, punto este que coincide con los resultados de FLORES (1985), ya que observa un claro incremento de ellos (una vez descartados los efectos de disolución selectiva), en secciones D.S.D.P., equivalentes cronoestratigráficamente a las secciones del Continente. Asimismo, de acuerdo con las ideas de ROTH et al. (1975), BERGEN (1984) y FLORES (op. cit.), esas formas se encuadrarían dentro de aquellos en los que existe un claro dominio del proceso de recrecimiento sobre el de disolución (difícilmente solubles). En este sentido, el propio BERGEN (op. cit.) sitúa en sus listas ordenadas de incidencia del proceso de disolución, a *Ceratolithus* por debajo de *Amaurolithus* (quizás por una mayor similitud cristalográfico-estructural con los asterolitos). En los ejemplares observados en la Cuenca del Guadalquivir del morfotipo «Ceratolito» en sentido amplio, no se han observado diferencias marcadas en esa línea, siendo siempre el recrecimiento un proceso manifiesto.

Las características conservacionales determinan que este morfotipo sea ideal para su empleo como marcador bioestratigráfico, aunque a este rasgo se contrapone el hecho de su aparición esporádica y su condicionamiento batimétrico.

FLORES (1985), en el estudio de estas secciones presentadas en la figura 2, llega a la conclusión de que la asociación que se registra es de aguas transicionales. Los ceratolitos, en lo que respecta a su condicionamiento ecológico, están influidos esencialmente por los cambios batimétricos, y no observan, quizás por el anterior efecto, una variación cuantitativa como en otros morfotipos o especies indicadores de condiciones paleotérmicas.

TERMINOLOGIA PARA LAS DESCRIPCIONES (GLOSARIO DE TERMINOS)

BRAZOS.— Estructuras sobresalientes y alargadas, normalmente curvadas hacia el interior del nanolito.

* DEEP SEA DRILLING PROJECT, a cuya Organización agradecemos la cesión de las muestras para su estudio.

ESPOLÓN.— Proyección más o menos acusada de uno de los brazos sobre el vértice.

GARFIO.— Curvatura brusca en el extremo de un brazo, en el sentido en el que se desarrolla el otro.

NÓDULOS.— Estructuras semiesféricas, normalmente irregulares, que se alinean longitudinalmente al desarrollo de los brazos.

QUILLA.— Estructura longitudinal, afilada, que se dispone sobre los brazos y sigue su trayectoria.

SUTURA.— Línea de contacto entre los elementos que definen cada brazo.

VÉRTICE.— Extremo en el que concurren los brazos.

Este glosario para la descripción de los ceratolitos se adapta en términos generales al propuesto en la II Mesa Redonda sobre nanoplancton calcáreo (FARINACCI, Ed., 1971); sin embargo, se han introducido algunas variaciones para una mayor precisión en castellano.

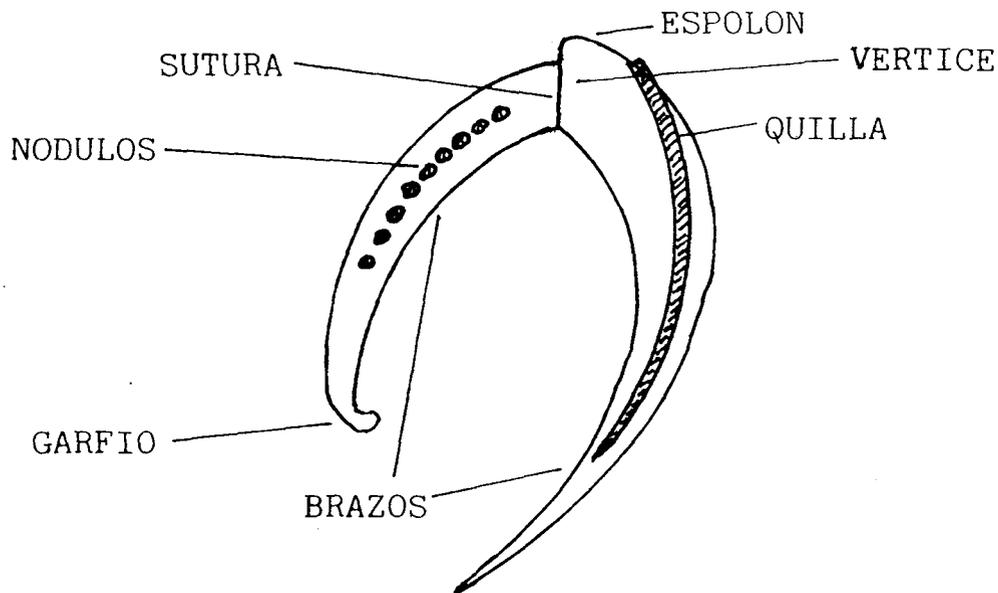


Figura 1: Morfotipo Ceratolito.

AMAUROLITHUS GARTNER & BUKRY, 1975

Amaurolithus primus (BUKRY & PERCIVAL, 1971 (GARTNER & BUKRY, 1975))

Lámina I; Figuras 1 y 2

1971 *Ceratolithus primus* BUKRY & PERCIVAL; L. 126; L. 1; fig. 12-14.

1973 *Ceratolithus primus*; HEKEL; L. 1; fig. 15-16.

1974 *Ceratolithus primus*; MÜLLER; pp. 591; L. 11; fig. 3.

1975 *Ceratolithus primus*; ELLIS; pp. 656.

1975 *Amaurolithus primus*; GARTNER & BUKRY; pp. 457; L. 7; fig. 1.

1976 *Amaurolithus primus*; RIO et al.; L. 5; fig. 1-3.

- 1977 *Amaurolithus primus*; PERCH-NIELSEN; pp. 745; L. 1; fig. 3, 5-6; L. 10; fig. 3.
 1978 *Amaurolithus primus*; PROTO-DECIMA et al.; L. 5; fig. 10-11.
 1978 *Amaurolithus primus*; BACKMAN; L. 2; fig. 8.
 1978 *Amaurolithus primus*; HAQ & BERGGREN; L. 5; fig. 4.
 ?1979 *Amaurolithus* cf. *primus* RAFFI & RIO; L. 8; fig. 5.
 1984 *Amaurolithus primus*; BERGEN; pp. 430; L. 2; fig. 9.
 1984 *Amaurolithus primus*; THEODORIDIS; pp. 80; L. 1; fig. 1-2.

Ceratolito no birrefringente o con baja birrefringencia, con ancha franja arqueada y brazos cortos. Asimétrico.

PUNTUALIZACIONES

Brazos

Cortos y bien diferenciados en longitud; el más largo suele poseer el extremo más agudo, aunque ambos están afilados. En la zona de unión de ambos se ensanchan considerablemente, llegando a ser en ocasiones el espesor próximo a la longitud total del brazo. La curvatura es variable, carácter que el largo acusa más.

Vértice

Agudo o curvado; en ocasiones, comienza a definir una espina apical.

TALLA

La magnitud máxima se sitúa entre las 5 y 8 micras.

DISTRIBUCION CRONOESTRATIGRAFICA

HAQ et al. (1980) y HAQ & TAKAYAMA (1984), en un intento de datación de las edades absolutas de aparición de este taxón, comentan que se situaría entre los 6.20 a 6.30 millones de años, siendo éste el primer representante del género que se reconoce, y a pesar de que dicho evento sea prácticamente sincrónico en algunas regiones con la aparición de *A. delicatus*. Su primer registro en la zona NN 11 (*D. quinquerramus*) de MARTINI (1971) ha servido para que autores como BUKRY (1973 y 1975), ROTH (1973 y 1974) y OKADA & BUKRY (1980) entre otros, empleen ese dato para definir la base de la zona o subzona con el nombre de taxón. Desaparece ligeramente por encima de la aparición de *C. acutus*, hacia los 4.8 millones de años, en la parte alta de la zona de *A. tricorniculatus* (BUKRY y OKADA & BUKRY op. cit.), según GARTNER & BUKRY (1975).

OBSERVACIONES

La morfología observada en estos nanolitos es variable; la longitud de sus lados, pese a ser cortos, fluctúa.

Se diferencia de *A. delicatus* en los brazos menos robustos que presenta esta especie (GARTNER & BUKRY 1975). De *A. tricorniculatus* lo diferencian los brazos más largos, curvados y regulares de éste, así como el prominente espolón. De *A. amplificus* se distingue por la mayor talla, la franja del arco más ancha, así como el vértice más agudo.

En nuestras muestras hemos podido observar formas intermedias entre las especies *A. primus*, *A. tricorniculatus* y *A. delicatus*, que en este caso hemos incluido en *A. ninae*. MÜLLER (1974), por su parte, añade que no se sabe realmente si se trata de una especie con entidad propia o una variedad de *A. tricorniculatus*; la diferente distribución cronoestratigráfica, y a nuestro entender, netas diferencias morfológicas, nos inducen a no considerar este punto.

PERCH - NIELSEN (1977) la supone descendiente de *Triquetrorhabdulus rugosus*.

Amaurolithus delicatus GARTNER & BUKRY, 1975

Lámina I; Figuras 6 y 7

- 1975 *Amaurolithus delicatus* GARTNER & BUKRY; pp. 456; fig. 7; a, f.
 1976 *Amaurolithus delicatus*; RIO et al.; L. 5; fig. 4-12
 1977 *Amaurolithus delicatus*; PERCH-NIELSEN; pp. 745; L. 1; fig. 9; L. 2; fig. 1-2, 4, 7, 10, 12; L. 4; fig. 1-2, 4-5; L. 6; fig. 8, L. 10; fig. 1-2.
 1978 *Amaurolithus delicatus*; PROTO-DECIMA et al.; L. 5; fig. 3-7.
 1978 *Amaurolithus delicatus*; HAQ & BERGGREN; L. 5; fig. 2-3.
 1978 *Amaurolithus delicatus*; BACKMAN; L. 2; fig. 9
 1979 *Amaurolithus delicatus*; RAFFI & RIO; L. 8, fig. 7-9.
 1980 *Amaurolithus delicatus*; MOSHKOVITZ & EHRLICH; pp. 16; L. 7; fig. 29.
 1982 *Amaurolithus delicatus*; VAROL; L. 2; fig. 8-11; L. 3; fig. 20.
 1984 *Amaurolithus delicatus*; BERGEN; pp. 430; L. 2; fig. 4-5.
 1984 *Amaurolithus delicatus*; THEODORIDIS; pp. 80; L. 1; fig. 9-11.

Ceratolito no birrefringente o con baja birrefringencia, asimétrico y con los brazos muy finos y de similares características.

PUNTUALIZACIONES

Brazos

Finos y desiguales, aunque en algunos ejemplares se puede observar una longitud similar. Los extremos pueden estar bien separados o más o menos próximos. La curvatura

se acentúa más en el largo, y en ambos las puntas son agudas. La anchura se mantiene constante en uno y otro, aunque en algunos casos puede notarse una mayor anchura en la zona del arco. La curvatura, externa e internamente, se mantiene constante.

Vértice

Regular y redondeado.

Talla

La máxima magnitud del ceratolito mide en torno a las 8 micras.

DISTRIBUCION CRONOESTRATIGRAFICA

Ya se comentó que por lo general aparece con posterioridad a *A. primus*, evento este que MAZZEI (1977) hace coincidir con el límite Tortoniense-Messiniense (equivalente a la aparición de *Globorotalia conomiozea*). BUKRY & GARTNER (1975) lo reconocen hasta los 3.6 (?) millones de años.

OBSERVACIONES

Coincidiendo con la opinión de GARTNER & BUKRY (1971), hemos podido observar un pequeñísimo espolón; un criterio ciertamente subjetivo nos ha inducido a incluir en esta especie aquellas formas con esta estructura siempre que sea insignificante; en el caso de que sea prominente, sin llegar a definir estructuras como las reseñamos en *A. tricorniculatus*, las hemos adscrito a *A. ninae*. Del mismo modo son frecuentes formas intermedias con *A. primus* cuando los ejemplares presentan brazos y arcos relativamente más grueso de lo que cabría esperar (Lámina I; Figura 3); es posible que en algunos casos este hecho se deba a fenómenos de recrecimiento. Según los autores aludidos, la presente especie no debe proceder de *A. primus*, pues con un rango similar suelen aparecer separados, y sugieren una relación ecológica.

***Amaurolithus tricorniculatus* (GARTNER, 1967) GARTNER & BUKRY, 1975**

Lámina II, Figuras 3-6

1967 *Ceratolithus tricorniculatus* GARTNER; pp. 5; L. 10; Fig. 4-6.

1971 *Ceratolithus tricorniculatus*; MARTINI; L. 4; fig. 7.

DISTRIBUCION CRONOESTRATIGRAFICA

MARTINI & WORSLEY (1971) comentan que su desaparición marca el techo de la zona NN 14. La NN 12 posee su nombre, y sería parcial o totalmente equivalente a las que con la misma denominación señalan ROTH (1973 - 1974), BARBIERI et al. (1976), PERCH-NIELSEN (1972) y WISE (1973). Según HAQ et al. (1980) y HAQ & TAKAYAMA (1984) su primer registro tiene lugar a los 5.7 millones de años, y su desaparición a los 4.3 millones de años.

OBSERVACIONES

El espolón suele ser el rasgo que lo diferencia de formas próximas como *A. primus* y *A. delicatus*, pues de aparecer en ellas, siempre es insignificante. De *A. ninae*, cuando los ejemplares presentan cierto recrecimiento, son difíciles de diferenciar, pero por lo general el espolón en esta especie es menos manifiesto. Insistiendo en las diferencias entre estos dos taxones, es el momento de reseñar que las hemos llevado a cabo sobre ejemplares que no presentaban recrecimiento, situación en la cual los rasgos característicos de uno y otro son patentes. No obstante somos conscientes de que una profunda revisión puede alterar estos conceptos. De *A. bizarrus* se diferencia por la presencia en estos de una barra sobre la que se suelda el ceratolito (GARTNER & BUKRY, 1975). De *C. cristatus*, según ELLIS et al. (1972), lo diferencia el espolón, así como la birrefringencia que este último muestra.

MARTINI & WORSLEY (1971) mencionan la existencia de formas transicionales entre *C. rugosus* y *A. tricorniculatus* (*A. amplificus*?, GARTNER & BUKRY (1975)), y lo suponen descendiente directo.

***Amaurolithus ninae* PERCH-NIELSEN, 1977**

Lámina I; Figuras 8?, 9-11, 12?

Lámina II; Figuras 1 y 2?

1977 *Amaurolithus ninae* PERCH-NIELSEN; pp. 745; L. 2; fig. 8, 9, 14; L. 4; fig. 3, 6-14; L. 5; fig. 9, 12-14; L. 49; fig. 5.

Ceratolito moderadamente asimétrico (este rasgo acusado únicamente por las estructuras apicales), de brazos finos y curvados, con un pequeño espolón.

PUNTUALIZACIONES

Brazos

Largos, relativamente finos, con los extremos agudos, muy próximos uno del otro, que hacia el cierre del arco se engrosan regular e insensiblemente; ambos con una curvatura uniforme y similar, y el resto de características igualmente idénticas. La única diferencia existente es que uno de ellos, que puede llegar a ser más corto, se prolonga dando lugar al espolón, además de presentar muy esporádicamente, una incipiente nodulación irregular.

Vértice

Define la poco acusada asimetría de las formas, con un espolón agudo o romo, siempre de menor entidad (hasta 3 o 4 veces menos que el grosor de la franja del arco); este siempre sigue la curvatura del brazo en el que se continúa.

TALLA

La máxima magnitud de 8 a 11 micras.

DISTRIBUCION CRONOESTRATIGRAFICA

Según la descripción original aparece en el Mioceno superior. En nuestras muestras se registra hasta el Plioceno inferior.

OBSERVACIONES

Presenta características intermedias, esencialmente, entre *A. tricorniculatus* y *A. delicatus*. La posesión del espolón lo asignaría a la primera especie, pero la morfología general de los brazos es más próxima a la segunda. La dificultad en describir generalmente ejemplares con tales características, así como la existencia de un término que las incluya, nos ha inclinado a emplearla, sin perjuicio de que en ulteriores revisiones se pueda modificar su «status». Igualmente hay que reseñar que muy posiblemente muchas de las figuras que PERCH-NIELSEN muestra en la cita original, puede que no sean identificables con una sola especie (ésta u otras).

Amaurolithus amplificus (BUKRY & PERCIVAL, 1971) GARTNER & BUKRY, 1975

- 1971 *Ceratolithus amplificus* BUKRY & PERCIVAL; pp. 125; L. 1; fig. 9-11.
 1973 *Ceratolithus dentatus*; BUKRY; pp. 676; L. 2; fig. 1-3.
 1973 *Ceratolithus amplificus*; ROTH; pp. 735.
 1973 *Ceratolithus amplificus*; HEKEL; L. 1; fig. 12.
 1974 *Ceratolithus amplificus*; GARTNER & BUKRY; pp. 116; L. 1; fig. 5-7.
 1975 *Amaurolithus amplificus*; GARTNER & BUKRY; pp. 454; L. 6; fig. g-l
 1977 *Amaurolithus amplificus*; PERCH-NIELSEN; pp. 745; L. 1; fig. 1; L. 2; fig. 3, 5-6, 8, 11, 13; L. 10; fig. 4-5.
 1978 *Amaurolithus amplificus*; HAQ & BERGGREN; L. 5; fig. 1.
 1978 *Amaurolithus amplificus*; PROTO-DECIMA et al.; L. 5; fig. 8.
 1979 *Amaurolithus amplificus*; RAFFI & RIO; L. 8; fig. 1, 4.
 1982 *Amaurolithus amplificus*; MUZYLOV; L. 1; fig. 22.
 1984 *Amaurolithus amplificus*; BERGEN; pp. 430; L. 2; fig. 8.
 1984 *Amaurolithus amplificus*; THEODORIDIS; pp. 80; L. 1; fig. 3-8.

Ceratolito grande, no birrefringente o con baja birrefringencia, asimétrico, con un brazo rectilíneo ornamentado ocasionalmente, y el otro doblado angularmente. Vértice agudo.

PUNTUALIZACIONES

Brazos

Relativamente largos, uno de ellos con trazado rectilíneo, grueso y a veces con un poco marcado garfío, prolongándose hasta constituir el vértice; sobre él se suelen colocar de 6 a 8 nódulos semiesféricos. El otro brazo, algo más corto, presenta un abrupto adelgazamiento desde el arco hasta su afilada punta; el paso a aquél se produce igualmente de forma abrupta, lo que determina una cierta angulosidad, tanto en el interior como en la periferia.

Vértice

Agudo, acentuando la asimetría del nanolito. El espesor de la franja de éste puede ser hasta tres veces el espesor medio de los brazos.

TALLA

Máxima magnitud de 10 a 12 micras.

DISTRIBUCION CRONOESTRATIGRAFICA

HAQ et al. (1980) y HAQ & TAKAYAMA (1984) proponen una dispersión entre los 5.65 a 5.30 millones de años, con una distribución Mioceno-superior y/o

base del Plioceno (?). SCHMIDT (1973) define la zona de su nombre en la base del Plioceno. Igualmente ROTH (1973, 1974) diferencia en la base del Plioceno una zona con esa misma nomenclatura, pero con distinta entidad.

OBSERVACIONES

Comentan GARTNER & BUKRY en la descripción original, que presenta características intermedias entre *A. tricorniculatus* y *C. rugosus*. Los brazos más gruesos, con una curvatura menos uniforme, la diferencian de la primera, mientras que de la segunda es la birrefringencia el rasgo distintivo. Parece tratarse del eslabón con *Ceratolithus*. La más acentuada simetría y margen interno angular, así como la mayor talla, la diferencian del resto de las representantes del género.

Ceratolithus KAMPTNER, 1950

Grupo de **Ceratolithus rugosus-cristatus**

Se incluyen aquí aquellos representantes del género *Ceratolithus*, con gran afinidad morfológica, de los que MARTINI & WORSLEY (1971) llegaron a decir que *C. rugosus* sería una forma más calcificada (queda por comprobar si el sentido de la frase tenía relación con fenómenos de recrecimiento, o sencillamente con un proceso evolutivo puramente biológico). En este sentido, BERGEN (1984) comenta que puede tratarse de la misma especie, dentro de la cual existen morfotipos producto de un más acusado recrecimiento: a confirmar esta idea le lleva el que en sus estudios observe similar distribución cronoestratigráfica.

En las muestras observadas por nosotros, es *C. cristatus* el que aparece con mayor regularidad, si bien, ocasionalmente, se reconoce algún ejemplar de la otra especie. De igual manera, y reforzando estas ideas últimamente expuestas, son frecuentes las formas intermedias. Sin embargo, de acuerdo con la filosofía de este trabajo, realizaremos una reseña independiente dado que un buen número de autores hasta el momento así lo han hecho, quizás por la carencia de trabajos en los que se estudie de forma exhaustiva el hecho.

Ceratolithus rugosus BUKRY & BRAMLETTE, 1968

Lámina II; Figuras 10 y 11

1968 *Ceratolithus rugosus* BUKRY & BRAMLETTE; pp. 152; L. 1; fig. 5-9.

1969 *Ceratolithus rugosus*; GARTNER; pp. 549; L. 1; fig. 10.

- 1971 *Ceratolithus rugosus*; MARTINI; L. 4; fig. 8-9.
 1971 *Ceratolithus rugosus*; MARTINI & WORSLEY; pp. 1477.
 1972 *Ceratolithus rugosus*; STRADNER; L. 36; fig. 9.
 1972 *Ceratolithus rugosus*; ELLIS et al.; pp. 58; L. 18; fig. 1.
 1973 *Ceratolithus rugosus*; AKERS & KOEPEL; L. 3; fig. 11.
 1973 *Ceratolithus rugosus*; HEKEL; L. 1; fig. 18-20.
 1974 *Ceratolithus rugosus*; MÜLLER; pp. 591; L. 11; fig. 1.
 1975 *Ceratolithus rugosus*; GARTNER & BUKRY; pp. 259; L. 5; fig. a-e.
 1977 *Ceratolithus rugosus*; PERCH-NIELSEN; pp. 746; L. 1; fig. 7, 8, 10-18; L. 9; fig. 9-10.
 1978 *Ceratolithus rugosus*; MOSHKOVITZ & EHRLICH; L. 1; fig. 8-9.
 1978 *Ceratolithus rugosus*; PROTO-DECIMA et al.; L. 4; fig. 1-4, 6.
 1982 *Ceratolithus rugosus*; VAROL; L. 5; fig. 10.
 1984 *Ceratolithus rugosus*; BERGEN; pp. 431; L. 2; fig. 14-15.
 1984 *Ceratolithus rugosus*; THEODORIDIS; pp. 82.

Ceratolitos moderadamente asimétricos, birrefringentes, con la periferia interna y externa, así como su superficie, irregulares.

PUNTUALIZACIONES

Brazos

Desiguales, el más largo es el que presenta la curvatura menos acusada; ambos poseen los flancos subparalelos, excepto en los extremos, los cuales son normalmente romos, y hacia el arco, donde sufren un ligero engrosamiento, que en cualquier caso nunca llega a sobrepasar $3/2$ del espesor medio de los brazos. La superficie y periferia son normalmente irregulares, diferentes en todos los ejemplares observados. En ningún caso se ha llegado a observar sutura.

Vértice

En el centro del arco puede definirse un insignificante apuntamiento.

Figura de interferencia

Con los nicoles cruzados, y orientado el nanolito de manera que su eje no coincida con la dirección de polarización (ángulo en el cual permanece en extinción), presenta una acusada birrefringencia, dando tonalidades blancas, o un particular irisado.

TALLA

La máxima magnitud definida oscila entre las 8 y 12 micras.

DISTRIBUCION CRONOESTRATIGRAFICA

MARTINI (1971) comenta que su aparición marca la base de la zona NN 13, que adopta su nombre, dato que GARTNER & BUKRY (1975) sitúan en los 4.40 millones de años, considerándose su último registro, de manera gradual, en la base de la NN 19. La biozona a la que hemos hecho alusión sería completamente equivalente con las de ROTH (1973, 1974) y PERCH-NIELSEN (1972), pero sin coincidir en su límite superior con las definidas por BUKRY (1973, 1975), WISE (1973), ROTH (1974) y OKADA & BUKRY (1980), homónimas. Por consiguiente, aparece con posterioridad al límite Mio-Plioceno.

BUKRY (1973a, 1975), HAQ & BERGGREN (1978), ELLIS (1979) y ELLIS & LOHMANN (1979), aseguraran que la desaparición de *C. acutus* coincide con la aparición de *C. rugosus*, mientras que otros como HAQ & TAKAYAMA (1980), no están de acuerdo, y señalan que existe un lapso en el que coexisten.

OBSERVACIONES

De las en ocasiones similares especies del género *Amaurolithus* (*A. primus* y *A. amplificus*) lo distingue su birrefringencia, muy acusada en la que ahora nos ocupa. De *C. acutus* lo diferencia la forma más triangular de ésta (BUKRY & GARTNER, 1975). De *C. cristatus* difiere únicamente en su periferia y superficie irregulares, a pesar de que con mucha regularidad se observan formas intermedias; diferencias que pueden ser consideradas igualmente para *C. telesmus* al que hay que añadir la mayor longitud de los brazos en ésta.

Ceratolithus cristatus KAMPTNER, 1950

Lámina II; Figuras 7-9 y 12

- 1950 *Ceratolithus cristatus* KAMPTNER (in FARINACCI IV/24).
- 1963 *Ceratolithus cristatus*; KAMPTNER; pp. 152.
- 1964 *Ceratolithus cristatus*; COHEN; pp. 36; L. 3; fig. m-n.
- 1968 *Ceratolithus cristatus*; BUKRY & BRAMLETTE; pp. 150; L. 1; fig. 1-2, 4.
- 1970 *Ceratolithus cristatus*; NISHIDA; L. 2; fig. 4.
- 1970 *Ceratolithus cristatus*; USCHAKOVA; L. 15; fig. 14.
- 1970 *Ceratolithus cristatus*; NORRIS; pp. 906.
- 1971 *Ceratolithus cristatus*; MARTINI & WORSLEY; pp. 1477.
- 1971 *Ceratolithus cristatus*; GAARDER & HASLE; pp. 529.

- 1972 *Ceratolithus cristatus*; ELLIS et al.; pp. 57; L. 17. fig. 5-6.
 1972 *Ceratolithus cristatus*; MARTINI & MÜLLER; pp. 66; L. 3; fig. 27.
 1973 *Ceratolithus cristatus*; ROTH; pp. 735.
 1973 *Ceratolithus cristatus*; AKERS & KOEPEL; L. 3; fig. 9-10.
 1973 *Ceratolithus cristatus*; SACHS & SKINNER; L. 6; fig. 3-4.
 1974 *Ceratolithus cristatus*; BROHM; L. 3; fig. 1.
 1974 *Ceratolithus cristatus*; MÜLLER; pp. 591; L. 11; fig. 10.
 1974 *Ceratolithus cristatus*; PROTO-DECIMA et al.; L. 1; fig. 13.
 1975 *Ceratolithus cristatus*; GARTNER & BUKRY; pp. 458; L. 4; fig. a-c.
 1976 *Ceratolithus cristatus*; SIESSER; pp. 125; L. 6; fig. b-c.
 1979 *Ceratolithus cristatus*; NISHIDA; L. 12; fig. 2 b-c.
 1984 *Ceratolithus cristatus*; BERGEN; pp. 430; L. 2; fig. 12-13; L. 3; fig. 7-9; L. 4; fig. 3; L. 13; fig. 3, 6.

Ceratolito moderadamente simétrico, birrefringente, con las periferias interna y externa regulares, y las superficies de los brazos ornamentadas.

PUNTUALIZACIONES

Brazos

Normalmente desiguales en longitud, siendo el mayor el que presenta más curvatura, aunque en otras ocasiones este rasgo no es distintivo, casos estos, además, en los que la longitud de los brazos se aproxima más. En el aludido brazo se define una incipiente quilla, en ocasiones estriada transversalmente. El brazo menor aparece ornamentado por una de sus caras, en la que muestra alineados, y con espaciado irregular, de 6 a 8 nódulos. Los extremos de ambos brazos son puntiagudos, y en su recorrido hacia el arco divergen regularmente, determinando sus flancos subparalelos.

Vértice

Puede presentar un pequeño saliente, más o menos dispuesto en el centro; en cambio también son frecuentes aquellos individuos sin estructura de este tipo.

Figura de interferencia

Idéntica a la descrita para *C. rugosus*, si bien el irisado que puede presentar no es tan acentuado.

TALLA

Máxima dimensión, entre las 7 y 12 micras.

DISTRIBUCION CRONOESTRATIGRAFICA

MARTINI & WORSLEY (1971) comentan que se encuentra desde la zona NN 16 y hasta la NN 21. BERGEN (1984) comenta que en el sondeo D.S.D.P. 354,

aparece este taxón cuando desaparece *C. acutus*, coincidente, como se recordará con las ideas de buen número de autores, en relación a la aparición de *C. rugosus*, hecho este, que de cumplirse, determinaría una ampliación del rango de la especie en cuestión hasta la zona NN 13. Pero la coincidencia de los eventos señalados no siempre se produce. En este sentido hemos de reseñar que registramos *C. cristatus*, con todas sus características determinativas, por debajo del lapso señalado por MARTINI & WORSLEY; esto, de alguna manera, refuerza la idea de la equivalencia de estos taxones.

OBSERVACIONES

Las similitudes y diferencias con otras especies coinciden con la expuesta en el apartado del mismo nombre de la especie precedente.

BIBLIOGRAFIA

- AKERS, H. W. & KOEPEL, P. E. (1973). "Age of some Neogene formations Atlantic Coastal Plain, United States and Mexico". *SEMP Proc. Symp. Calc. Nannofossils*; 80-84.
- BACKMAN, J. (1979). "Late Miocene-Early Pliocene nannofossil biochronology in the Vera Basin, SE Spain". *Act. Un. Stockholmsensis. Stock. Cont. Geol.*; XXXII (2), 93-114.
- BARBIERI, F.; MORLOTTI, G.; PALMIERI, G. & RIO, D. (1976). "Biostratigraphy of the Izarône Section in the Melilla Basin (NE Marocco)". *Univ. Stud. Parma Geologia*, 21.
- BERGEN, J. A. (1984). "Calcareous nannoplankton from Deep Sea Drilling Project Leg 78A: Evidence for imbricate underthrusting at the Lesser Antillian active margin". *In. Rep. DSDP*, 78, 411-445.
- BROHM, J. B. (1973). "Late Pleistocene Nannofossils of the Northwest Florida Shelf". *SEMP Proc. Symp. Calc. Nannofossils*, 127-132.
- BUKRY, D. (1972). "Further Comments Coccolith Stratigraphy, Leg 12 Deep Sea Drilling Project". *In Rep. DSDP*, 12, 1071-1083.
- BUKRY, D. (1973). "Low-latitude coccolith bistratigraphic zonation". *In. Rep. DSDP*, 15, 685-703.
- BUKRY, D. (1975). "Phytoplankton stratigraphy Southwest Pacific, Deep Sea Drilling Project, Leg 30". *In. Rep. DSDP*, 30, 539-547.

- BUKRY, D. & BRAMLETTE, M. N. (1968). "Stratigraphic significance of two genera of Tertiary calcareous nannofossils". *Tulan. St. Geol., Paleont.*; 6/4, 149-155.
- BUKRY, D. & PERCIVAL, S. F. (1971). "New Tertiary calcareous nannofossils". *Tulan. St. Geol. Paleont.*, 8 (3). 123-146.
- COHEN, D. (1964). "Coccolithophorids and discoasters from Adriatic bottom sediments". *Leds Geol. Medid.*, 35, 1-44.
- DERMITZAKIS, M. D. & THEODORIDIS, S.A. (1978). "Planktonic Foraminifera and Calcareous nanoplankton from the Pliocene of Konfonisi Island (East Crete, Greece)". *Ann. Geol. Pays Hellen.* (1) 29 (2); 630-643.
- ELLIS, C.H. (1975). "Calcareous nannofossil biostratigraphy, Leg 31 DSDP". *In. Rep. DSDP*, 31, 655-675.
- ELLIS, C. H. & LOHMANN, W. H. (1979). "Neogene calcareous nanoplankton in Eastern Mediterranean Deep Sea Sediments (DSDP Leg 42A, sites 375 and 376)". *Marine Micropal.*, 4 (1), 61-84.
- ELLIS, C. H.; LOHMANN, W. H. & WRAY, J. L. (1972). "Upper Cenozoic Calcareous nannofossils from the Gulf of Mexico (Deep Sea Drilling Project, Leg 1, Site 3)". *Quart. Colorado School Mines*, 67 (3), 103.
- FLORES, J. A. (1985). "Nanoplancton calcáreo en el Neógeno del borde noroccidental de la Cuenca del Guadalquivir (S.O. de España)". (Inédita). Universidad de Salamanca, 714 pp. Resumen —*Res. Tes. Doc. Facultad de Ciencias— Ed. Universidad de Salamanca*, 37.
- FARINACCI, A. (Ed.) (1971). "Round table on Calcareous Nannoplankton Roma: September 23-28, 1970". *In Proc. II Plank. Conf. Roma 1970*, 2, 1343-1360.
- GAARDER, K. R. & HASLE, G. R. (1971). "Coccolithophorids of the Gulf of Mexico". *Bull. Mar. Sc.*, 21 (2), 519-544.
- GARTNER, S. (1967). "Calcareous Nannofossils from Neogene of Trinidad, Jamaica and Gulf of México". *Univ. Kansas Paleont. Cont.* 29.
- GARTNER, S. (1969). "Corelation of Neogene planktonic foraminifera and calcareous nannofossil zones". *Trans. Gulf. Coast. Ass. Geol. Soc.*, 19, 585-599.
- GARTNER, S. & BUKRY, D. (1974). "**Ceratolithus acutus** Gartner & Bukry n. sp. and **Ceratolithus amplificus** Bukry & Percival, nomenclatural clasification". *Tulan. St. Geol. Paleont.*, 11, 115-118.
- GARTNER, S. & BUKRY, D. (1975). "Morphology and phylogeny of the Coccolithophyceae family Ceratolithaceae". *Jour. Reser. U. S. Geol. Survey*, 3 (4) 451-465.
- HAQ, B. U. & BERGGREN, W. A. (1978). "Late Neogene Calcareous Plankton Biochronology of the Rio Grande Rise (South Atlantic Ocean)". *Journ. Paleont.*, 53 (6), 1167-1194.
- HAQ, B. U. & TAKAYAMA, T. (1984). "Neogene Calcareous Nannoplankton datum planes and their calibration to magnetostratigraphy". *Pacific Neogene Datum Planes*, 23-27.

- HAQ, B. U. et al. (1980). "Late Miocene marine Carbon isotopic shift and synchrony of some phytoplanktonic biostratigraphic events". *Geology*, 8, 427-431.
- HEKEL, H. (1973). "Late Oligocene to Recent nannoplankton from the Capricorn Basin (Great Barrier Reef area)". *Geol. Surv. Queensland, 359, Paleont. Papers*, 33, 24.
- KAMPTNER, E. (1950). "Über den submikroskopischen Aufbau der Coccolithen". *Aus. Osterr. Akad. Wiss. Math. Naturw. Kl.*, 87, 152-158.
- KAMPINER, E. (1963). "Coccolithineen-Skelette aus Tiefseablagerungen der Pazifischen Ozeans". *Ann Naturhist.. Mus. Wien*, 66, 139-204.
- MARTINI, E. (1971). "Standard Tertiary and Quaternary Calcareous Nannoplankton zonation". *Proc. II Plant. Conf. Roma 1970*, 2, 739-785.
- MARTINI, E. (1976). "Cretaceous to recent calcareous nannoplankton from the Central Pacific Ocean (DSDP Leg 33)". *In Rep. DSDP*, 33, 383-423.
- MARTINI, E. & WORSLEY, T. (1971). "Tertiary Calcareous nannoplankton from the Western Equatorial Pacific". *In. Rep. DSDP*, 7 (2), pp. 1471-1507.
- MAZZEI, R. (1977). "Biostratigraphy of the Rio Mazzapiedi-Castellania section (Type Section of the Tortonian) Based on Calcareous nannoplankton". *Atti. Soc. Tosc. Sc. Nat.*, (A) 84, 15-24.
- MAZZEI, R.; RAFFI, I.; RIO, D.; HAMILTON, N. & CITA, M. B. (1979). "Calibration of the Late Neogene calcareous plankton datum planes with the paleomagnetic record of site 397 and correlation with Moroccan and Mediterranean Sections". *In. Rep. DSDP*, 87 (1), 375-389.
- MOSHKOVITZ, S. & EHRLICH, A. (1980). "Distribution of the Calcareous Nannofossils in the Neogene sequence of the Jaffa-1 Borehole, Central Coastal Plain, Israel". *Bull. Geol. Surv. Israel*, P.D. (1) 80.
- MÜLLER, C. (1974). "Calcareous nannoplankton, Leg 25 (Western Indian Ocean)". *In Rep. DSDP*, 25, 579-633.
- MUZYLOV, N. (1982). "Nannoplankton Stratigraphy of Leg 67 Drill sites". *In. Rep. SDSP*, 67, 383-399.
- NISHIDA, S. (1970). "Preliminary notes on Nannoplanktons from an Equatorial Pacific Deep Sea Core". *Jour. Mar. Geol.*, 6 (1), 34-39.
- NISHIDA, S. (1979). "Atlas of Pacific Nannoplanktons". *News Osaka Micropal. Sp. paper*, No. 3, 31.
- NORRIS, R. E. (1970). "Extant calcereous nannoplankton from the Indian Ocean". *Proc. II Plank. Conf. Roma 1970*, 2, 899-908.
- OKADA, H. & BUKRY, D. (1980). "Supplementary modification and introduction of code number to the Low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (BUBRY, 1973-1975)". *Marine Micropal.* 5 (3), 321-325.
- PERCH-NIELSEN, K. (1972). "Remarks on Late Cretaceous to Pleistocene coccoliths from the North Atlantic". *In. Rep. DSDP*, 12, 1003-1069.

- PERCH-NIELSEN, K. (1977). "Albian to Pleistocene Calcareous Nannofossils from the Western South Atlantic, DSDP Leg 39". *In. Rep. DSDP*, 39, 699-823.
- PROTO-DECIMA, F.; MEDIZZA, F. & TODESCO, L. (1978). "Southeastern Atlantic Leg 40 Calcareous Nannofossils". *In. Rep. DSDP*, 60, 571-634.
- RAFFI, I. & RIO, D. (1979). "Calcareous Nannofossil biostratigraphy of DSDP Site 132-Leg 13 (Tyrrhenian Sea - Western Mediterranean)". *Riv. It. Paleont.*, 85 (1), 127-172.
- RIO, D.; MAZZEI, R. & PALMIERI, G. (1976). "The stratigraphic position of the Mediterranean Upper Miocene evaporites, based on nannofossils". *Mem. Soc. Geol. It.*, 16, 261-276.
- ROTH, P. H. (1973). "Calcareous nannofossils Leg 17, Deep Sea Drilling Project". *In. Rep. DSDP*, 17, 695-795.
- ROTH, P. H. (1974). "Calcareous nannofossils from the northwestern Indian Ocean, Leg 24 DSDP". *In. Rep. DSDP*, 24, 969-993.
- ROTH, P. H.; WISE, S. W. & THIERSTEIN, P. (1975). "Early chalk diagenesis and lithification: sedimentological applications of paleoecological approaches". *IX Cong. Int. Sediment. Nice*, 187-192.
- SACHS, J. B. & SKINNER, H. C. (1973). "Late Pliocene-Early Pleistocene Nannofossil Stratigraphy in the North Central Gulf Coast Area". *SEMP Proc. Symp. Calc. Nannofossils*, 94-112.
- SCHMIDT, R. R. (1973). "A Calcareous nannoplankton zonation for Upper Miocene-Pliocene deposits from the Southern Aegean Area, with a comparison to Mediterranean starotype localities (I and II)". *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet.*, 76, 287-310.
- SIESSER, W. G. (1976). "Calcareous nannofossils in Pleistocene sediment cores from the South African Continental Slope". *Trans. Roy. Soc. S. Afr.*, 42 (2), 107-147.
- STARDNER, H. (1972). "Catalogue of Calcareous Nannoplankton from sediments of Neogene Age in the Eastern Atlantic and Mediterranean Sea". *In. Rep. DSDP*, 13; 1137-1199.
- THEODORIDIS, S. A. (1984). "Calcareous nannofossil biozonation of the Miocene and revision of the Helicoliths and discoasters". *Utrecht. Micropal. Bull.*, 32, 271.
- USCHAKOVA, H. G. (1970). "Coccoliths in suspension and in the surface layer of sediments in the Pacific Ocean". *In* Funell, B & Riedel, W. Eds; *Micropal. Oceans*, Cambridge Univ. Press, 243-251.
- VAROL, O. (1982). "Calcareous nannofossils from the Atalaya Basin, Turkey". *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 4, 244-256.
- WISE, S. W. (1973). "Calcareous nannofossils from cores recovered during Leg 18, Deep Sea Drilling Project. Biostratigraphy and observations of diagenesis. *In. Rep. DSDP*, 18, 569-588.

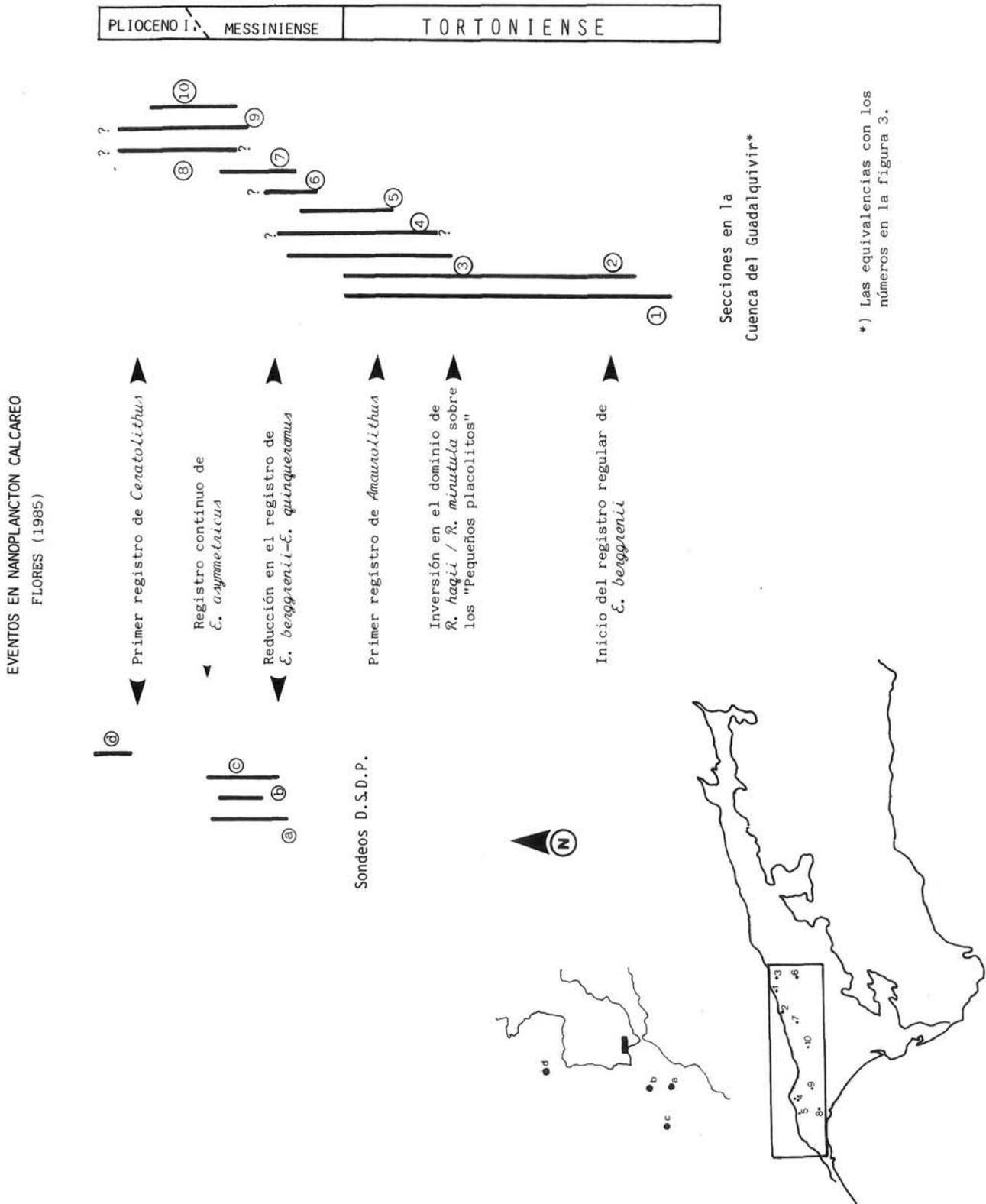


Figura 2: Posición bioestratigráfica y cronoestratigráfica de las diferentes secciones estudiadas en la Cuenca del Guadalquivir y sondeos próximos, en los que se reconocen ceratolitos, de acuerdo con FLORES (1985).

CUENCA DEL GUADALQUIVIR		D.S.D.P.			
	1 Cantillana-Arroyo Trujillo	135-2	136-1	118-4 y 5	416A-1
	2 Guillena	*	*	*	*
	3 Arroyo Galapagar-Alcolea del Río	*	*	*	*
	4 Beas-Trigueros	*	*	*	*
	5 Gibralfón	*	*	*	*
	6 Carmona	*	*	*	*
	7 Santiponce	*	*	*	*
	8 Huelva				
	9 Niebla				
	10 Castilleja del Campo	cf			
<i>Amaurolithus primus</i>		*	*	*	*
<i>Amaurolithus delicatus</i>		*	*	*	*
<i>Amaurolithus triconniculatus</i>		*	*	*	*
<i>Amaurolithus amplificus</i>					
<i>Amaurolithus ninae</i>					
<i>Ceratolithus rugosus</i>		*	*	*	*
<i>Ceratolithus cristatus</i>		*	*	*	*

Figura 3: Especies de ceratolitos hallados en cada una de las secciones y/o sondeos oceánicos estudiados.

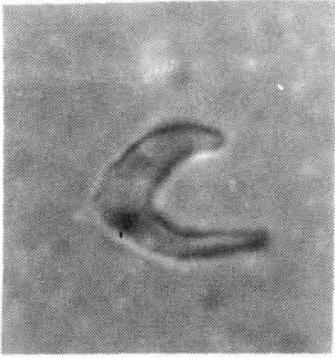
LAMINA I

- 1, 2 *Amaurolithus primus* (BUKRY & PERCIVAL)
3 *Amaurolithus primus-delicatus* (?)
6-7 *Amaurolithus delicatus* GARTNER & BUKRY
8?, 9, 10, 11?, 12? *Amaurolithus ninae* PERCH-NIELSEN

LAMINA II

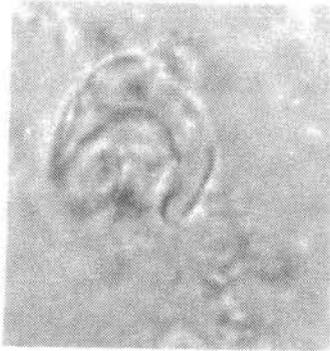
- 1, 2? *Amaurolithus ninae* PERCH-NIELSEN
3-6 *Amaurolithus tricorniculatus* (GARTNER)
7-9, 12 *Ceratolithus cristatus* KAMPTNER - 8 y 9 con los «nícoles cruzados»
10-11 *Ceratolithus rugosus* BUKRY & BRAMLETTE - con los «nícoles cruzados»

LAMINA I



1

5 μ



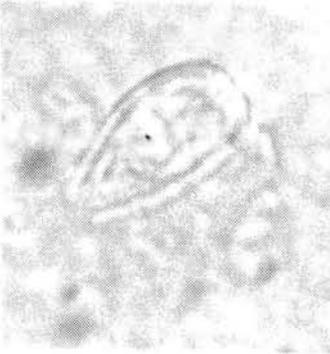
2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



1

5 μ



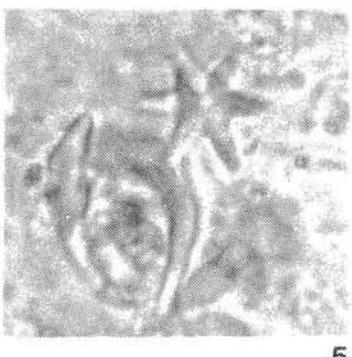
2



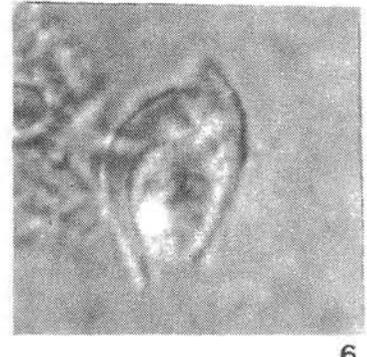
3



4



5



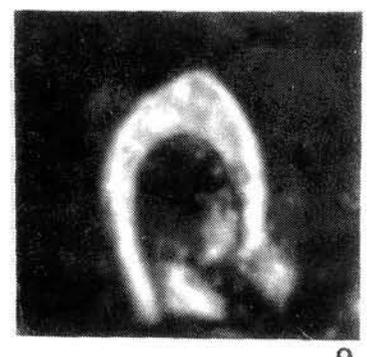
6



7



8



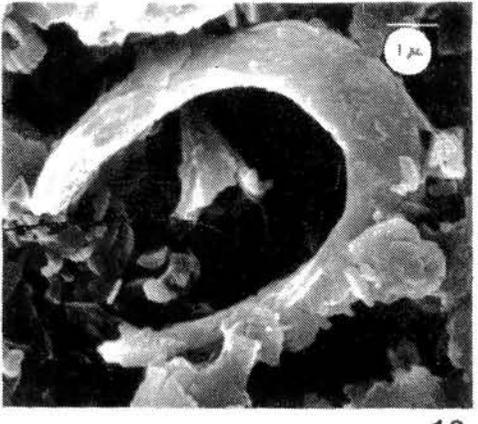
9



10



11



12