

VARIACIONES DE LA NANOFLORA CALCÁREA EN EL PASO CRETÁCICO-TERCIARIO DE MONTE URKO (N DE ESPAÑA)*



Amalia GOROSTIDI y Marcos A. LAMOLDA

Facultad de Ciencias-U.P.V.
Campus de Lejona. 48940 Lejona.

ABSTRACT

In Monte Urko, between the provinces of Guipúzcoa and Biscay, there is a continuous section—20 m thick—of the Cretaceous-Tertiary transition, with typical purple marls of latest Maastrichtian age, and an alternation of gray and pink micritic limestones and thin marl layers, like in other well known localities of this area. The quantitative nannofossil study has been carried out on 500 specimens per sample, randomly picked. It allowed us to recognize a typical assemblage of the *Micula murus* Zone, with *Watznaueria barnesae* (Black), *Micula decussata* Vekshina, *Prediscosphaera cretacea* (Arkhangelski), *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina and *Cribrosphaerella ehrenbergii* (Arkhangelski), as the most abundant species. Lowermost Tertiary nannofossil assemblages have the same uppermost Maastrichtian species, but their percentages are reduced, 78 % instead of 94 %, whereas the so-called persisting species - *Cyclagelosphaera reinhardtii* (Perch-Nielsen), *Markalius inversus* (Deflandre), *Thoracosphaera* spp., and *Braarudosphaera* spp. increased from 6 % to 22 %, and up to 79 % in higher levels. Some non-typical specimens of Tertiary species *Biantholithus sparsus* Bramlette and Martini are found 25 cm above the K/T boundary.

The persisting—or opportunistic—species show a first increase some cm below the K/T boundary. They are virtually absent below 30 to 40 cm, and increase to 3 to 6 % in samples of last 15 cm of the Cretaceous. This increase of opportunistic species may be related to an unstable ecosystem, which is not registered by bulk samples values of $\delta^{13}\text{C}$ until just above the K/T boundary with changes up to 2 ‰ in the 10 cm lowermost Danian brown clay-marls, coinciding with main changes in calcareous nannofossil—higher percentage of *Thoracosphaera* spp.— and planktonic foraminifera assemblages.

Keywords: Cretaceous-Tertiary boundary, Nanofossils, Biotic crisis, Microbiostratigraphy.

RESUMEN

En el Monte Urko, zona limítrofe entre las provincias de Guipúzcoa y Vizcaya, hay una sección, sin interrupciones sedimentarias mayores aparentes, que comprende el paso Cretácico-Terciario (K/T), con una potencia de una veintena de metros de margas y margocalizas rojas del Maastrichtiense terminal, sobre las que se disponen calizas micríticas grises y rosas con delgadas intercalaciones margosas, similares a las de otros puntos de la cuenca. El estudio de la nanoflora realizado cuantitativamente sobre un total de 500 ejemplares por muestra, escogidos al azar, pone de manifiesto una asociación típica de la Zona de *Micula murus*, con *Watznaueria barnesae* (Black), *Micula decussata* Vekshina, *Prediscosphaera cretacea* (Arkhangelski), *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina y *Cribrosphaerella ehrenbergii* (Arkhangelski) como especies más abundantes. En el Terciario basal la asociación de nanoflora contiene las mismas especies encontradas en el Maastrichtiense superior, pero su proporción se reduce pasando del 94 % al 78 % del total de la asociación, mientras que las consideradas especies persistentes (*Cyclagelosphaera reinhardtii* (Perch-Nielsen), *Markalius inversus* (Deflandre), *Thoracosphaera* spp. y *Braarudosphaera* spp.) pasan del 6 % al 22 % aumentando progresivamente en términos más altos hasta el 79 %. Especímenes atribuibles dudosamente a la especie terciaria *Biantholithus sparsus* Bramlette y Martini se han detectado a unos 25 cm sobre el límite K/T.

Las especies persistentes, interpretadas como oportunistas, muestran un aumento en los últimos centímetros bajo el límite K/T; así se pasa de su práctica ausencia a unos 30-40 cm, al 3-6 % en los últimos 15 cm. Este aumento, que puede interpretarse como una inestabilidad del ecosistema, no queda reflejado en la $\delta^{13}\text{C}$ (obtenido sobre el conjunto de la roca sedimentaria) hasta que se traspasa el límite K/T, con una variación máxima del 2 ‰ en los 10 cm basales del Daniense, coincidiendo con los cambios más importantes de la nanoflora, los porcentajes más altos de *Thoracosphaera* spp., y los cambios en las asociaciones de foraminíferos planctónicos.

Palabras clave: Límite Cretácico-Terciario, Nanoflora, Crisis biótica, Microbioestratigrafía.

INTRODUCCIÓN

La sección de Monte Urko se encuentra al NW de Eibar (Fig. 1), cerca del santuario de Ntra. Sra. de Arrate, en las partes centrales y más profundas

de lo que fue el Surco de Orio. En él se depositó un flysch arenoso durante el Campaniense y Maastrichtiense inferior y, posteriormente, unas calizas y margas hemipelágicas (Mathey, en Lamolda *et al.*, 1988); la batimetría estimada de depósito es de unos 1500 m (Delacotte, 1982).

* Un avance de este trabajo está recogido en los *Resúmenes V Jornadas de Paleontología*, 73-74. Valencia. 1989.

La presencia y características generales del paso K/T en Monte Urko fueron señalados por Rat (1959) en un corte general del Cretácico Superior y Tercia-

rio al N de Eibar. Posteriormente, Mathey (1982) estableció sobre esta sección la Fm. del Monte Urko, correspondiendo al Miembro superior los materiales

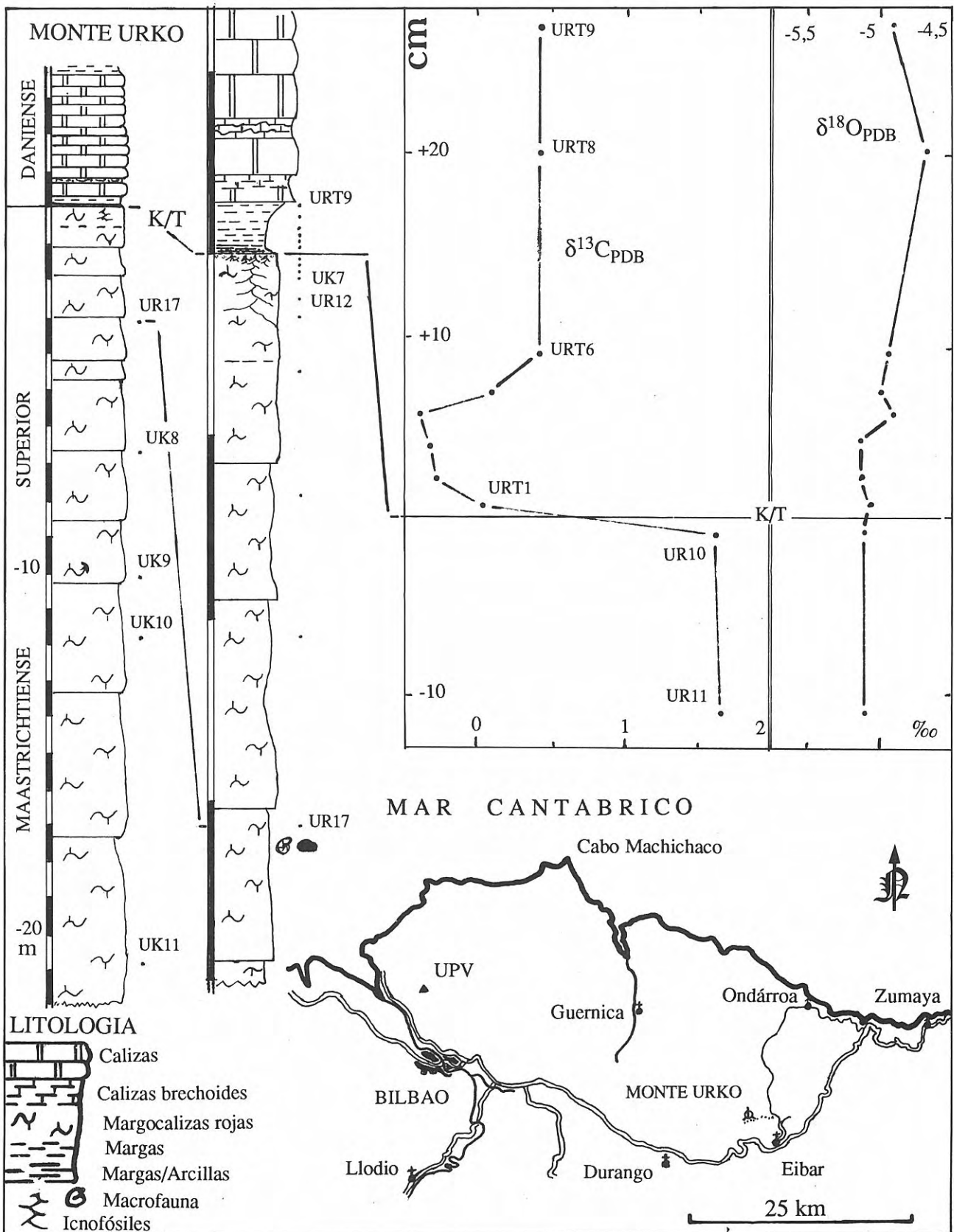


Figura 1. Situación geográfica de la sección de Monte Urko; columna estratigráfica del tránsito K/T y situación de las muestras estudiadas. Variaciones de los $\delta^{13}C_{PDB}$ y $\delta^{18}O_{PDB}$.

aquí estudiados, con una edad Maastrichtiense superior. Ilustró unas columnas estratigráficas sintéticas para el Cretácico Superior de esta parte de la región vascoantártica y mostró la distribución de foraminíferos planctónicos característicos; con la presencia de *Globotruncana arca*, *G. stuarti*, *G. conica*, *G. contusa*, *G. havanensis*, *Racemiguembelina* sp., etc., para los términos del citado Miembro superior. En su tesis doctoral (Mathey, 1987) proporcionó una columna estratigráfica general para la sección de Urko, desde la terminación del flysch arenoso hasta el límite K/T; la microfauna (foraminíferos planctónicos) le permitió datar las diferentes unidades litológicas desde un Maastrichtiense medio al Paleoceno basal. En relación con los cambios en los foraminíferos planctónicos en el límite K/T, Lamolda (1987; 1988, en Lamolda *et al.*) ilustró en esta sección un decrecimiento en la abundancia de los mismos justo antes de dicho límite, acorde con lo observado en la sección de Zumaya (Lamolda, 1985).

La nanoflora calcárea ha sido estudiada en otras secciones de la región vascoantártica con características similares: Zumaya (Percival y Fischer, 1977 y Gorostidi y Lamolda, 1989); Sopelana (Lamolda *et al.*, 1983); Bidart (Perch-Nielsen, 1979; Delacotte *et al.*, 1985; Manivit, 1989 y Gorostidi y Lamolda, 1990). Todos estos trabajos señalan un cambio importante de las asociaciones de la nanoflora en relación con el límite Cretácico/Terciario, coincidiendo con anomalías geoquímicas ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ e Ir).

Existen diferencias entre los resultados ofrecidos por los distintos autores para las mismas secciones; las discrepancias pueden estar en relación con la utilización de diferentes técnicas de preparación y recogida de las muestras, número de especímenes sobre los que se realizan los contajes o la utilización de diferentes criterios sistemáticos en la determinación de las especies. Estos aspectos influyen necesariamente sobre los resultados obtenidos detectándose por ejemplo variaciones significativas en los porcentajes de determinadas especies (altas proporciones de táxones de gran tamaño y/o morfología esférica, equidimensional,...) en los datos aportados por Percival y Fischer (1977) en la sección de Zumaya, habiéndose realizado el estudio en unas condiciones que poco tienen que ver con las seguidas por los autores de este trabajo, que se comentan en el siguiente apartado.

TÉCNICAS DE PREPARACIÓN Y RECUENTO

Se ha realizado el estudio cuantitativo del nanoplancton calcáreo de un total de 28 muestras recogidas a lo largo de la sección de Monte Urko (Fig. 1).

La técnica de preparación de las muestras es la utilizada por estos mismos autores (Gorostidi y Lamolda, 1989), de acuerdo con la propuesta por Flores (1985). El número de especímenes analizados por muestra es de unos 500, observados en campos visuales elegidos al azar y que, de acuerdo con Dennison y Hay (1967), tal número de ejemplares permite tener la seguridad, tomando un nivel de

confianza estadística del 95% ($P < 0,05$), de que se registren todos aquellos táxones cuya frecuencia relativa en las muestras sea mayor al 1%. Para el estudio se ha utilizado un microscopio petrográfico, realizándose las observaciones a $\times 1000$.

ESTRATIGRAFÍA

En este estudio nos hemos ceñido a la parte terminal del Cretácico, margas y margocalizas rojas-violáceas que a techo en los últimos decímetros son grises, y a la parte basal del Daniense, margas grises más oscuras a muro. Por tanto, el paso del Cretácico al Terciario se presenta en la sección de Monte Urko con facies muy similares a las que se observan en otras secciones de la región.

La parte terminal del Cretácico, constituida por unos 22 m de margocalizas rojo-violáceas (Fig. 1), aflora con buenas condiciones de observación bajo el límite K/T; los términos infrayacentes, que presentan las mismas facies, están replegados y fallados. La estratificación de los materiales del Maastrichtiense terminal está mal definida y no se aprecian los paquetes de margas y alternancias de margocalizas y margas típicas del Maastrichtiense en este área (Ward, 1988). Hay varios nivelitos arenosos, sobre 1 cm de potencia cada uno, y alguna superficie de estratificación ondulada, posibles testigos de algunas corrientes residuales de fondo de magnitud muy inferior a las que, en tiempos anteriores, dieron lugar a los aportes detríticos turbidíticos del flysch arenoso infrayacente. Unos 65 cm bajo el límite K/T las margocalizas pierden su coloración rojiza y se hacen grises. Hay sendos niveles rubificados a 58 cm bajo el límite K/T y en el propio límite, marcado por una superficie neta; otras secciones como Caravaca, Agost y Zumaya presentan, también, un nivelito rojizopardo (en ocasiones doble) ligado al límite K/T, que responde a la oxidación de minerales de hierro. Los icnofósiles característicos son *Zoophicos* y *Chondrites*. Hacia 3,25 m bajo el límite K/T (Fig. 1) se ha encontrado un ejemplar de ammonites (*Pachydiscus jacquoti* Seunes; determinación P. Ward) y otro aplastado de equínido (*Stegaster*).

Hay numerosas especies de foraminíferos planctónicos, entre ellas: *Globotruncana arca* (Cushman), *G. mariei* Banner y Blow, *G. ex gr. falsostuarti* Sigal, *G. orientalis* El Naggar, *G. rosetta* (Carsey), *Globotruncanella stuarti* (De Lapparent), *G. stuartiformis* (Dalbiez), *G. angulata* Tilev, *G. pettersi* (Gandolfi), *Rosita contusa* (Cushman), *R. patelliformis* (Gandolfi), *R. walfischensis* (Todd), *Globotruncanella petaloides* (Gandolfi), *Abathomphalus* sp., *Racemiguembelina fructifera* (Egger), *R. powelli* Smith y Pessagno, *Pseudotextularia elegans* (Rzehak), *P. deformis* (Kikoiné), *Planoglobulina brazoensis* Martin, *Heterohelix planata* (Cushman), *Rugoglobigerina rotundata* Brönnimann, *R. hexacamerata* Brönnimann, *R. scotti* Brönnimann, y *Globigerinelloides subcarinatus* (Brönnimann), propias del final del Cretácico. En las muestras más altas (UR17 a UR10) se aprecian variaciones en las asociaciones similares a las detectadas en Sopelana (Lamolda *et al.*, 1983) y Zumaya (Lamolda

da, 1985). Así, el porcentaje de foraminíferos planctónicos pasa a techo del 98-99 al 93-92%; el número de especies se reduce en una tercera parte; la relación *Racemiguembelina/Planoglobulina* cambia de valores >1 a otros <1 ; la relación Heterohelicoides/*Globotruncana* spp. (s.l., bicarenadas) es igual o mayor que 1; la presencia de *Globotruncanella* spp. es menor que en otras secciones (Sopelana y Zumaya) y sólo en la muestra UR17, entre las más altas, aparece un ejemplar de *Abathomphalus* sp.

Los primeros materiales atribuibles al Terciario son margas arcillosas y margas grises, más oscuras en la base y gris claro a partir de 8 a 9 cm sobre el límite K/T; por encima, estas margas pasan, gradualmente, a calizas micríticas laminares. Sobre ellas se desarrollan unas facies de calizas micríticas grises con alguna intercalación margosa, similares a las presentes en otras secciones del tránsito K/T. De nuevo aparecen tonos rojos hacia 3 m por encima del límite K/T, generalizándose la alternancia de margas y calizas micríticas (Fig. 1).

Las determinaciones de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ en las muestras, próximas al límite K/T, indican una disminución en el $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) del orden del 2‰ en la parte basal del Terciario, en las margas de tonos más oscuros, disminuyendo luego la diferencia, hasta alcanzarse valores del orden del 1‰ menores que los encontrados en las muestras cretácicas (Fig. 1). Por el contrario el del $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) no presenta anomalías en sus valores en el paso K/T de Monte Urko, lo que es atribuible a una remoción diagenética (Renard, comunicación personal) que haría desaparecer la anomalía observada en otras secciones de esta región, tales como las de Zumaya (Mount *et al.*, 1986) y Bidart (Delacotte, 1982); lo cual estaría de acuerdo con el mayor grado de litificación que tienen los materiales de la sección aquí estudiada.

RESULTADOS DE LA NANOFLORES

La asociación de la nanoflora calcárea está constituida por una treintena de especies, de entre las cuales tan solo 12 aparecen normalmente en proporciones superiores al 1%. Dos biozonas han sido reconocidas para estos materiales en función de su contenido florístico, la Zona de *Micula murus* para el Maastrichtiense superior, y la Zona de *Markalius inversus* para el Daniense (Fig. 2).

La asociación del Maastrichtiense superior está caracterizada por una serie de nanolitos que se encuentran, normalmente, en proporciones superiores al 5%: *Watznaueria barnesae*, *Micula decussata* (Lám. I, Fig. 2), *Prediscosphaera cretacea* (Lám. I, Fig. 4), *Cibrosphaerella ehrenbergii* y *Arkhangelskiella cymbiformis* (Lám. I, Fig. 1); son particularmente abundantes los dos primeros, alcanzándose porcentajes del 40% en el caso de *W. barnesae*, e incluso del 60% para *M. decussata* (muestra UK-0). Además de estas formas dominantes, también están presentes, aunque en proporciones menores (del 1 al 5%), otras como *Stradneria crenulata* (Bramlette y Martini), *Cribrorona gallica* (Stradner), *Eiffellithus turriseiffelii* (Deflandre) y *Micula murus* (Martini) (Lám. I, Fig. 6). El

resto de las especies, *Microrhabdulus attenuatus* (Deflandre), *Ahmullerella octoradiata* (Gorka), *Lithraphidites quadratus* Bramlette y Martini, *Micula concava* (Stradner), *Zygodiscus spiralis* Bramlette y Martini, *Tetralithus pyramidus* Gardet (Lám. I, Fig. 3), etc., presentan una distribución irregular y se manifiestan, normalmente, en proporciones inferiores al 1%.

Esta asociación reconocida en el Maastrichtiense superior de Monte Urko, es similar a otras descritas en otras secciones de la cuenca (Percival y Fischer, 1977; Perch-Nielsen, 1979; Lamolda *et al.*, 1983; Manivit, 1989; Gorostidi y Lamolda, 1989). El taxon *Micula prinsii* Perch-Nielsen, utilizado como especie marcadora del Maastrichtiense terminal en medias y bajas latitudes, no ha sido reconocido en esta sección quizá debido a la mala preservación que presentan los materiales, pudiéndose haber producido modificaciones, bien por disolución o por recrecimiento, de tal naturaleza que impidan la identificación de esta especie delicada (Perch-Nielsen *et al.*, 1982); también explicaría las elevadas proporciones de especies resistentes como *M. decussata* y *W. barnesae*.

En los últimos 15 cm del Maastrichtiense terminal, registramos por primera vez las especies *Cyclagelosphaera reinhardtii* (Lám. I, Fig. 7), *Markalius inversus* (Lám. I, Fig. 8) y *Thoracosphaera* spp., las cuales, junto con *Braarudosphaera bigelowii* (Gran y Braarud) (Lám. I, Fig. 5) se les conoce como especies persistentes (Percival y Fischer, 1977). Estos taxones presentan unos registros iniciales irregulares, nunca en porcentajes superiores al 7%, normalmente en proporciones inferiores a dicho valor; pero aumentan rápidamente sus proporciones hasta constituirse en nanolitos dominantes en el Daniense basal (Fig. 2).

Las muestras del Daniense basal no presentan especies nuevas, ya que todas ellas han sido identificadas en los materiales infrayacentes, además, las especies dominantes en el Maastrichtiense terminal siguen siéndolo, junto con las persistentes, en el Daniense basal. Pero aunque no se hayan identificado especies nuevas, se pueden diferenciar dos asociaciones, en esta parte basal del Terciario, por medio de las variaciones en las proporciones de las especies presentes.

La primera asociación, que se extiende hasta 8 a 10 cm sobre el límite K/T, está caracterizada por la abundancia de las formas dominantes del Maastrichtiense superior, constituyendo *W. barnesae* y *M. decussata* entre el 40 y el 70% de la asociación; las especies persistentes, aunque algo más abundantes, presentan en las primeras muestras, valores bajos entre el 5 y el 10%, y van aumentando la frecuencia (a excepción de *Thoracosphaera* spp.) paulatinamente hacia el techo en la columna. Esto es especialmente evidente en el caso de *C. reinhardtii*, la cual constituye el 23% de la asociación en la muestra URT-5 (última de las asignadas a esta primera asociación). *Thoracosphaera* spp., por el contrario, presenta en las primeras muestras sus proporciones más elevadas, entre el 8 y el 16%, disminuyendo progresivamente en materiales más modernos. En cualquier caso cabe reseñar que son escasos los especímenes

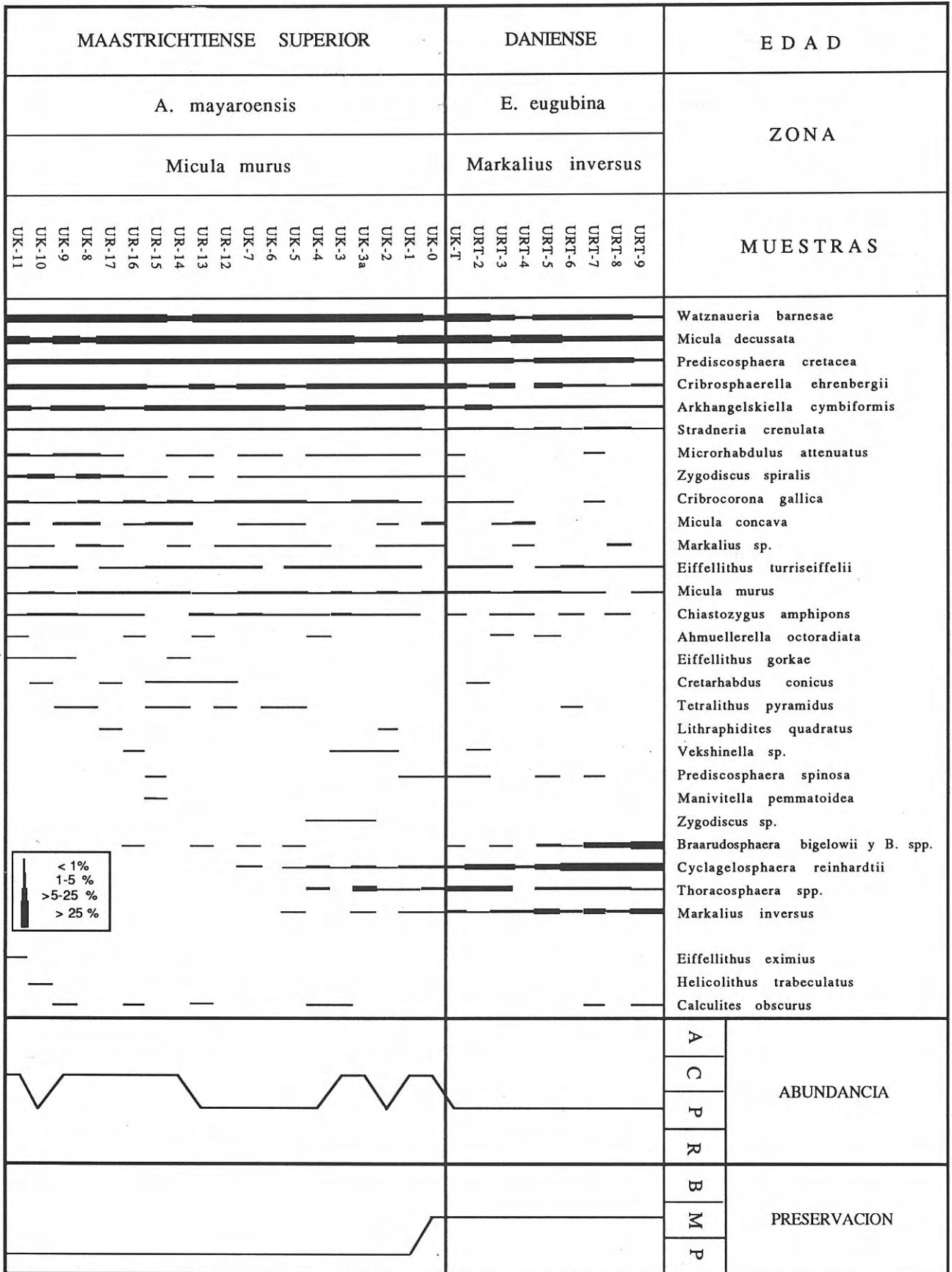


Figura 2. Distribución estratigráfica de la nanoflora de la sección de Monte Urko (paso K/T). Abundancia: A=10-100 Nanol./C.V.; C=1-10 Nanol./C.V.; P=1 Nanol./1-10 C.V.; R=1 Nanol./10-100 C.V. Preservación: B=buena; M=moderadamente buena; P=pobre.

enteros de esta especie, predominando los fragmentos de la misma; se han contabilizado aquéllos que representan más de la mitad de un individuo.

La segunda asociación (entre 10 y 29 cm sobre el límite K/T) presenta todavía una buena representación de los táxones del Maastrichtiense superior; pero sus frecuencias han descendido considerablemente y continúan haciéndolo de forma paulatina hacia el techo. Así, *W. barnesae* pasa de constituir el 16% de la asociación en la muestra URT-6 al 3% en la última muestra estudiada; *M. decussata* desciende del 21 al 10%; *A. cymbiformis* disminuye sus proporciones del 4 al 1%, etc. Las especies persistentes, a excepción de *Thoracosphaera* spp. (que muestra un comportamiento inverso, disminuyendo su porcentaje hasta valores del 1%), incrementan drásticamente sus porcentajes en este tramo. En este sentido, *Braarudosphaera* spp., *B. bigelowii* y *C. reinhardtii*, sufren sendas "eclosiones" (ver Fig. 2), la primera con proporciones del 40 al 45% registradas entre los 10 y los 30 cm sobre el límite K/T, y la segunda entre los 20 y los 30 cm sobre el límite K/T con valores del 20 al 25%. Aunque el registro de *M. inversus* presenta proporciones mayores que las de las muestras infrayacentes, sin embargo, sus valores se mantienen moderados, del 4 al 10%.

PRESERVACIÓN

La situación paleogeográfica de la sección estudiada, en las partes más centrales y profundas de lo que fue el Surco de Orio, ha condicionado que sus materiales sufrieran una mayor carga litostática, con el consiguiente mayor grado de litificación. Este hecho ha quedado patente en el estado de preservación que presentan sus fósiles: foraminíferos y nanoplanton calcáreo. Por lo que respecta a este último grupo, manifestar en primer lugar la pobreza en nanoplanton calcáreo de estos materiales con abundancias que oscilan entre 0,2-1,3 nanolitos por campo visual (Nanol./C.V.) observados con X1000, dándose los valores más altos en muestras del Maastrichtiense (una media de 1Nanol./C.V.), en tanto que en el Daniense se registran cifras inferiores (0,6 Nanol./C.V. de media), evidenciándose por tanto un leve descenso en la abundancia ligado al límite K/T (Fig. 2).

La preservación que presentan los nanolitos, sobretudo los del Maastrichtiense, es pobre notándose una leve mejoría en las muestras del Daniense, pero, en cualquier caso, los efectos de la disolución y del recrecimiento están presentes. La pérdida de estructuras centrales (*P. cretacea*, *S. crenulata*, *E. turrisseiffelii*, ...) o márgenes de diversos táxones den-

tados (*W. barnesae*, *S. crenulata*, *Prediscosphaera* spp., etc.) son claros efectos de la disolución. En otras ocasiones se producen obliteraciones de ciertas estructuras centrales bien por pérdida de perforaciones (*A. cymbiformis*, etc.), o por engrosamiento de los brazos de la cruz central (*C. amphipons*, etc.), incluso puede variarse toda la morfología del organismo como sucede a numerosos ejemplares de *Micula* o de *Braarudosphaera*.

Además, cabe apuntar la relativamente baja diversidad específica, con valores entre 12 y 18 (media de 15) especies por muestra; tan sólo seis de la treintena de especies reconocidas, *W. barnesae*, *M. decussata*, *P. cretacea*, *C. ehrenbergii*, *A. cymbiformis* y *S. crenulata* (cuya resistencia a la disolución es de media a alta), constituyen entre el 85 y el 95% de la asociación, en las muestras del Maastrichtiense; en tanto que, en el Daniense hay 10 especies (las anteriores más las persistentes) que representan del 95 al 99% de la asociación. En este sentido, es necesario insistir en los elevados porcentajes que presentan las especies *M. decussata* y *W. barnesae* en las muestras del Maastrichtiense con porcentajes entre 57 y el 79% de la asociación. Estos datos son suficientemente significativos, a la vista de los trabajos realizados por Thierstein (1976, 1980), Roth (1979) y Roth y Krumbach (1986) de acuerdo con los cuales estas especies son consideradas entre las más resistentes a la disolución de los táxones del Cretácico, incrementando fuertemente sus porcentajes en aquellas muestras con mala preservación como las estudiadas.

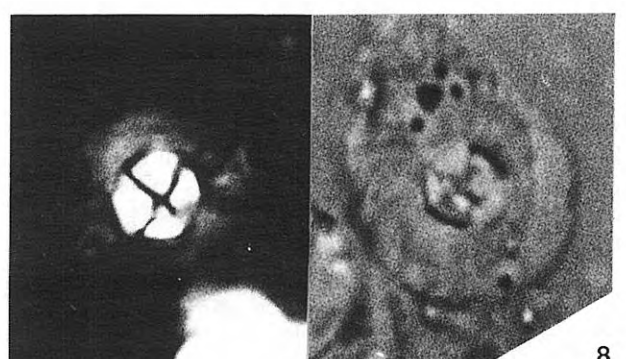
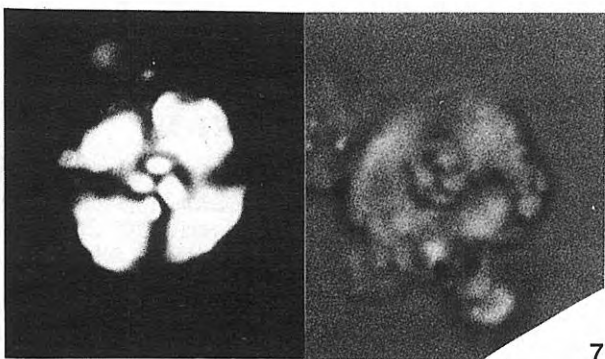
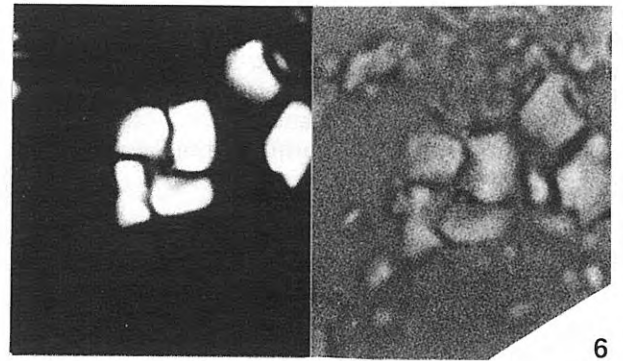
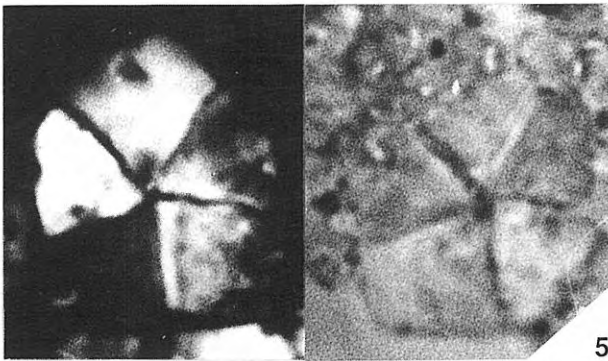
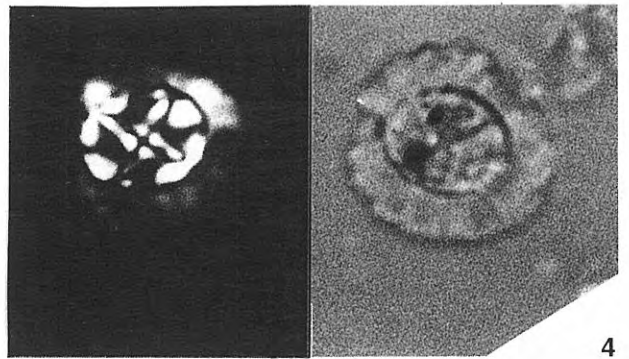
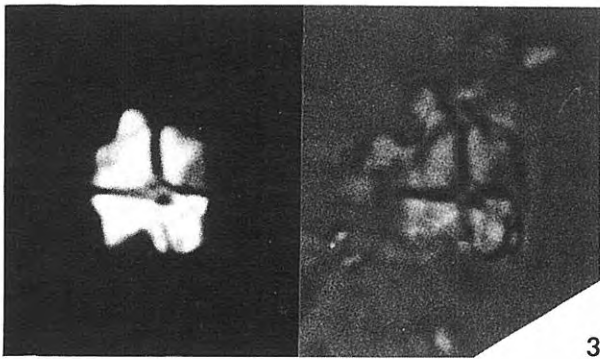
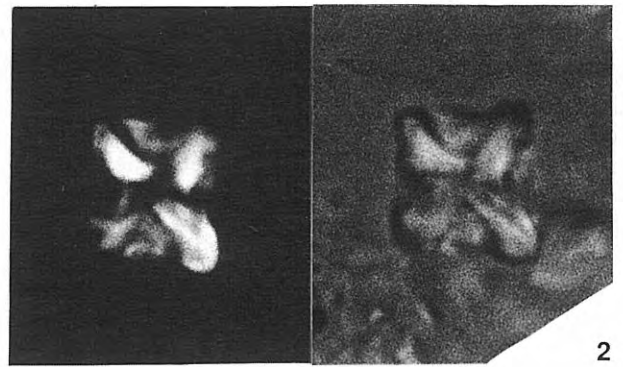
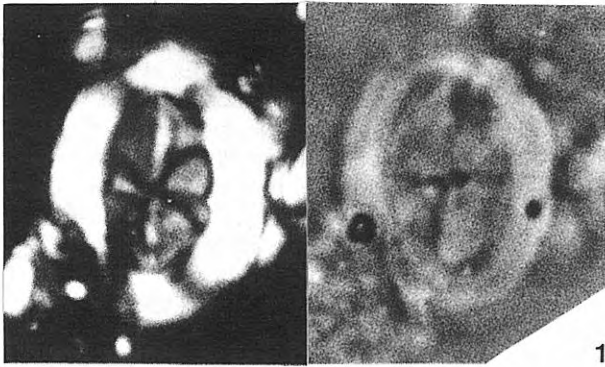
BIOESTRATIGRAFÍA

El estudio del límite Cretácico-Terciario de la sección de Monte Urko ha permitido el reconocimiento de las biozonas de *Micula murus*, Maastrichtiense superior, y de *Markalius inversus*, Daniense basal.

La Zona de *Micula murus* Bukry y Bramlette fue originalmente descrita como el intervalo comprendido entre la primera aparición de su especie índice y la extinción de la mayoría de las especies del Cretácico. Posteriormente, como quiera que dichos táxones han sido frecuentemente registrados por encima del límite K/T, el límite superior fue redefinido (Romeir, 1979), con la presencia masiva o incremento en la frecuencia de *Braarudosphaera bigelowii* y/o *Thoracosphaera operculata* Bramlette y Martini. Estas dos últimas especies son consideradas como oportunistas, al igual que lo son otras especies del género *Thoracosphaera*, por ejemplo *T. imperforata* Kampt-

Lámina I

1. *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina, izq. nicoles cruzados, dcha. luz normal. x 2900. Muestra UR14.
2. *Micula decussata* Vekshina, izq. nicoles cruzados, dcha. luz normal. x 3400. Muestra UR17.
3. *Tetralithus pyramidus* Gardet, izq. nicoles cruzados, dcha. luz normal. x 3100. Muestra UR14.
4. *Prediscosphaera cretacea* (Arkhangelsky), izq. nicoles cruzados, dcha. luz normal. x 3100. Muestra UK-T.
5. *Braarudosphaera bigelowii* (Gran y Braarud), izq. nicoles cruzados, dcha. luz normal. x 2600. Muestra URT9.
6. *Micula murus* (Martini), izq. nicoles cruzados, dcha. luz normal. x 2500. Muestra UK4.
7. *Cyclagelosphaera reinhardtii* (Perch-Nielsen), izq. nicoles cruzados, dcha. luz normal. x 3100. Muestra URT9.
8. *Markalius inversus* Deflandre, izq. nicoles cruzados, dcha. luz normal. x 2400. Muestra UK-T.



ner, utilizadas por Jiang y Gartner (1986) para redefinir esta zona. Nosotros consideramos el incremento en los porcentajes de *Thoracosphaera* spp. en la sección de Monte Urko, coincidiendo con una disminución en carbonatos y un descenso brusco en los foraminíferos planctónicos (Lamolda, 1990), de un significado equivalente al incremento de *B. bigelowii* y/o *T. operculata* (cf. Romein, *op. cit.*), por cuanto la naturaleza del fenómeno es la misma, la única diferencia vendría dada por la caracterización con una u otra de las especies citadas.

Esta zona presenta, en nuestros materiales, una potencia mayor de 20 m, no habiéndose identificado la base de la misma, registrándose la especie que da nombre a la zona de forma continua a lo largo de toda la columna. Además, encontramos las siguientes especies: *W. barnesae*, *M. decussata*, *P. cretacea*, *A. cymbiformis*, *M. concava*, *M. attenuatus*, *Z. spiralis*, *A. octoradiata*, *C. gallica*, *L. quadratus*, etc., junto con las especies "persistentes" *C. reinhardtii*, *M. inversus* y *Thoracosphaera* spp., estas últimas en su parte terminal.

En cuanto a la Zona de *M. inversus* Mohler y Hay, su límite inferior fue redefinido por Romein (1979) como ya se ha indicado, y su límite superior está marcado por la primera aparición de *Cruciplacolithus tenuis* (Stradner). En esta parte basal del Daniense, no se han identificado especies exclusivamente terciarias, si bien, las variaciones cuantitativas han permitido diferenciar las dos asociaciones arriba referidas. Las asociaciones son similares a las correspondientes de otras secciones de la cuenca (Zumaya, Percival y Fischer, 1977; y Gorostidi y Lamolda, 1989; Sopelana, Lamolda *et al.*, 1983), o a la del Barranco del Gredero en Caravaca (Romein, 1977); sin embargo, en esta última, así como en la de Zumaya (Percival y Fischer, *op. cit.*), se reconoció la especie *Biantholithus sparsus*, en tanto que en Monte Urko sólo se han reconocido formas atribuibles dudosamente a dicha especie.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La sección de Monte Urko presenta un paso K/T caracterizado por asociaciones de nanoflora típicas de las biozonas de *Micula murus* y *Markalius inversus*. Sin embargo, no lo ha sido la Zona de *Micula prinsii*. La mala preservación de la nanoflora (peor que en otras secciones) puede ser una de las explicaciones para esta ausencia. A este respecto, cabe reseñar que *M. prinsii* presenta marcadas diferencias en su distribución dentro de la misma cuenca; así, mientras que en Sopelana tan sólo se registra en una o dos decenas de centímetros, a ambos lados del límite K/T (de forma similar a la encontrada en la sección de Lattengebirge, en los Alpes calcáreos septentrionales, Herm *et al.*, 1981), en Bidart dicha especie aparece a lo largo de varios metros (Perch-Nielsen, 1979; Flores *et al.*, 1990). Estas observaciones sobre el registro de *M. prinsii*, como el de otras especies, están probablemente relacionadas con las condiciones de alteración diagenética, según expresábamos más arriba, por lo que hemos de tener en

cuenta la hipótesis de un control sobre su registro y/o reconocimiento específico (debido a su estado de preservación) por factores tafonómicos más que por factores bioestratigráficos (Flores *et al.*, *op. cit.*).

Especímenes de dudosa identificación, atribuíbles a la especie del Daniense *Biantholithus sparsus* han sido localizados en la última muestra estudiada (URT-9; 25-29 cm sobre el límite K/T). Esta especie aparece en otras secciones de la cuenca, si bien en Sopelana, por ejemplo, tiene su primer registro a 60 cm sobre el límite K/T (Lamolda *et al.*, 1983). Estas diferencias en las distribuciones de especies índices, no siempre son fáciles de explicar. Un primer factor es la velocidad de sedimentación diferente en cada área, mayor en las partes centrales de la cuenca (Lamolda *et al.*, *op. cit.*). Pero la labilidad de conservación diferencial entre las especies, como el caso de *M. prinsii*, o la escasez de otras, por ejemplo *B. sparsus*, hace de hecho que el registro detectado nos proporcione datos sesgados.

Por lo que respecta a las especies "persistentes", presentan un modelo de distribución similar al de Zumaya (Percival y Fischer, 1977; Gorostidi y Lamolda, 1989) o al de Sopelana (Lamolda *et al.*, *op. cit.*), con un brusco incremento de *Thoracosphaera*, justo en el límite K/T y centímetros inmediatamente superiores a éste. *Ciclagelospaera reinhardtii* aumenta paulatinamente sus porcentajes hacia el techo, alcanzando valores muy importantes, a 15 cm sobre el límite K/T. Se registra una "eclosión" más tardía, a 25-29 cm sobre dicho límite, de *B. bigelowii* y *Braarudosphaera* spp. Sin embargo, a diferencia de las otras dos secciones mencionadas, *Thoracosphaera* no aparece en elevados porcentajes (por lo menos en los primeros centímetros del Daniense).

Las diferencias tan notables entre las asociaciones de la nanoflora del Maastrichtiense terminal y del Daniense basal, se interpretan en relación con los cambios bióticos del paso Cretácico-Terciario. Durante el Maastrichtiense hubo un ecosistema complejo y estable, que en su parte terminal muestra síntomas de inestabilidad, con el aumento de las especies "persistentes" de la nanoflora y microfauna (foraminíferos planctónicos) calcáreas, que finalmente colapsó (Lamolda, 1985, 1987, 1990). Este momento quedó registrado por el primer acmé de *Thoracosphaera* spp. y por la anomalía de $\delta^{13}\text{C}$ que marcan el límite K/T. Las asociaciones posteriores, en la parte basal del Terciario, son típicas de un ecosistema inestable y pionero en el que las especies oportunistas dominaron de forma irregular las asociaciones de la Zona de *Markalius inversus*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha beneficiado del Plan de Formación del Profesorado y Personal Investigador-Programa General. Es una contribución a los proyectos n.º 216 "Bio-Events" y n.º 262 "Correlación del Cretácico del Tethys", ambos del P.I.C.G. (I.U.G.S. -UNESCO-I.P.A.). Los datos geoquímicos han sido hallados por Sébastien Clauser, a quien los autores agradecen su disponibilidad; así como al Dr. M. Renard por sus comentarios sobre el significado de los valores de $\delta^{18}\text{O}$. Al Dr. Peter D. Ward, que deter-

minó el ejemplar de ammonites referido. A los Dres. José M. González Donoso y José A. Flores Villarejo por la crítica de la primera versión del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Delacotte, O. 1982. Etude magnétostratigraphique et géochimique de la limite C/T de la coupe de Bidart (Pyrénées Atlantiques). *Mémoires des Sciences de la Terre, Université Pierre et Marie Curie, Paris*, n.º 8218, 162 pp.
- Delacotte, O., Renard, M., Laj, C., Perch-Nielsen, K., Premoli-Silva, I. y Clauser, S. 1985. Magnétostratigraphie et biostratigraphie du passage Crétacé-Tertiaire de la coupe de Bidart (Pyrénées Atlantiques). *Géologie de la France*, 1985 (3), 243-254.
- Dennison, J.M. & Hay, W.W. 1967. Estimating the needed sampling area for subaquatic ecologic studies. *Journal of Paleontology*, 41, 706-708.
- Flores, J.A. 1985. *Nanoplancton calcáreo en el Neógeno del borde noroccidental de la Cuenca del Guadalquivir (SO de España)*. Tesis Doctoral Universidad de Salamanca, 1-715 (inédita). Abstract, Universidad de Salamanca, 1-37.
- Flores, J.A., Gorostidi, A. y Lamolda, M.A. 1990. Implicaciones de la diagénesis en el análisis bioestratigráfico con nanoflora de tres secciones Maastrichtiense-Daniense de la región vascoantabrica. En: *Comunicaciones de la Reunión de Tafonomía y Fosilización* (S. Fernández López, Coord.). Universidad Complutense de Madrid, 145-150.
- Gorostidi, A. y Lamolda, M.A. 1989. Nannoflora assemblages in the Cretaceous-Tertiary boundary at Zumaya (Northern Spain). *INA Newsletter*, 11, 63-64.
- Gorostidi, A. y Lamolda, M.A. 1990. Nannofossil assemblages in the K/T transition of Bidart (SW France). *Abstracts Innovations and Revolutions in the Biosphere*. I.G.C.P. Project no. 216 Global Biological Events, and no. 303 Precambrian-Cambrian Event Stratigraphy. Oxford, September, 1990.
- Herm, D., Hillebrandt, A. von und Perch-Nielsen, K. 1981. Die Kreide-Tertiär-Grenze im Lattengebirge (Nördliche Kalkalpen) in mikropaläontologischer Sicht. *Geologica Bavarica*, 82, 319-344.
- Jiang, H.J. and Gartner, S. 1986. Calcareous nannofossil succession across the Cretaceous/Tertiary boundary in east-central Texas. *Micropaleontology*, 32, 232-255.
- Lamolda, M.A. 1985. *Fossil record and the Cretaceous-Tertiary Crisis at Zumaya (Northern Spain)*. Abstracts Gwatt Conference I.G.C.P. Project no. 199 Rare Events in Geology. Gwatt, May, 1990.
- Lamolda, M.A. 1987. *Fossil assemblage changes and ecological nature of the Cretaceous-Tertiary events*. Abstracts Hind Working session of the I.G.C.P. Project no. 199 Rare Events in Geology. I.G.C.P.- Academia Sinica. Beijing.
- Lamolda, M.A. 1990. The Cretaceous-Tertiary boundary crisis at Zumaya (Northern Spain). In: *Extinction Events in Earth History* (E.G. Kauffman and O.H. Walliser, Eds.). Springer-Verlag, Berlin, 393-399.
- Lamolda, M.A., Mathey, B. and Wiedmann, J. 1988. Field-Guide Excursion to the Cretaceous-Tertiary boundary section at Zumaya (Northern Spain). In: *Paleontology and Evolution: Extinction Events* (M.A. Lamolda, E.G. Kauffman & O.H. Walliser, Eds.). Revista Española de Paleontología, n.º extraordinario, 142-147.
- Lamolda, M.A., Orue-Etxebarria, X. & Proto-Decima, F. 1983. The Cretaceous-Tertiary boundary in Sopelana (Biscay, Basque Country). *Zitteliana*, 10, 663-670.
- Manivit, H. 1989. *Les données de la nannoflore de la coupe de Bidart*. Abstracts 1st Meeting W.G. 2-Pelagic Facies. Project 262 Tethyan Cretaceous Correlation. Urbino, February 1989, 66-83.
- Mathey, B. 1982. El Crétacico Superior del Arco Vasco. En: *El Crétacico de España*. Universidad Complutense de Madrid, 111-135.
- Mathey, B. 1987. Les Flyschs Crétacé Supérieur des Pyrénées Basques. *Mémoires Géologiques de l'Université de Dijon*, 12, 1-402.
- Mount, J.F., Margolis, S.V., Showers, W., Ward, P. and Doehne, E. 1986. Carbon and Oxygen Isotope Stratigraphy of the Upper Maastrichtian, Zumaya. Spain: A Record of Oceanographic and Biologic Changes at the End of the Cretaceous Period. *Palaios*, 1, 87-92.
- Perch-Nielsen, K. 1979. *Calcareous nannofossils at the Cretaceous/Tertiary boundary near Biarritz, France*. Cretaceous-Tertiary Boundary Events Symposium, Copenhagen, II, 151-155.
- Perch-Nielsen, K., McKenzie, J.A. & He, Q. 1982. Biostratigraphy and isotope stratigraphy and the "Catastrophic" extinction of calcareous nannoplankton at the Cretaceous/Tertiary boundary. In: *Geological Implications of impacts of large asteroids and comets on the Earth* (L.T. Silver & P.H. Schultz, Eds.). Geological Society of America. Special paper, 190, 353-371.
- Percival, S.F. and Fischer, A.G. 1977. Changes in calcareous nannoplankton in the Cretaceous-Tertiary biotic crisis at Zumaya, Spain. *Evolutionary Theory*, 2, 1-35.
- Rat, P. 1959. *Les Pays crétacés basco-cantabriques*. Publications Université de Dijon, t. XVIII, 525 pp.
- Romein, A.J.T. 1977. Calcareous nannofossils from the Cretaceous/Tertiary boundary interval in the Barranco del Gredero (Caravaca, prov. Murcia, SE Spain). *Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, B, 80, 256-279.
- Romein, A.J.T. 1979. Lineages in early Paleogene calcareous nannoplankton. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, 22, 1-231.
- Roth, P.H. 1979. Cretaceous calcareous nannoplankton diversity and Paleooceanography. *IV International Paleontological Conference*. Lucknow, 2, 22-33.
- Roth, P.H. and Krumbach, K.R. 1986. Middle Cretaceous calcareous nannofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian oceans: Implications for paleoceanography. *Marine Micropaleontology*, 10, 235-266.
- Thierstein, H.R. 1976. Mesozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy of marine sediments. *Marine Micropaleontology*, 1, 325-362.
- Thierstein, H.R. 1980. Selective dissolution of Late Cretaceous and earliest Tertiary calcareous microfossils: Experimental evidence. *Cretaceous Research*, 2, 165-176.
- Ward, P.D. 1988. Maastrichtian ammonite and inoceramid ranges from Bay of Biscay Cretaceous-Tertiary boundary sections. In: *Palaeontology and Evolution: Extinction Events* (M.A. Lamolda, E.G. Kauffman and O.H. Walliser, Eds.). Revista Española de Paleontología, n.º extraordinario, 119-126.

Manuscrito recibido: 20 de julio, 1990

Manuscrito aceptado: 15 de noviembre, 1990

Los autores han contribuido con 20.000 ptas. a la publicación.