

LA NANOFLORES CALCÁREA Y EL TRÁNSITO KT DE LA SECCIÓN DE BIDART (SW DE FRANCIA)



Amalia GOROSTIDI y Marcos A. LAMOLDA

Facultad de Ciencias, Campus de Lejona, 48940 Lejona

ABSTRACT

The Bidart Section, near Biarritz (France), shows a good Cretaceous-Tertiary (KT) transition. Species percentages were computed for 500 randomly chosen nannoliths. This gives a 99% "chance" of not overlooking any taxon present at 1% or more of the total assemblage. We have found around 70 species whose occurrences allow us to recognize the *Lithraphidites quadratus*, *Micula murus*, *Micula prinsii*, *Biantholithus sparsus* and *Cruciplacolithus primus* biozones, from the Middle Maastrichtian to the Lower Danian. Nannofossil abundances clearly change over the KT boundary. Maastrichtian samples have a mean of 6 nannoliths/field of view (Nan./F.O.V.), whereas Danian ones only have 1 Nan./F.O.V. This decrease suggests a lower productivity during Early Danian times than during the Late Maastrichtian. Several consecutive "persistent" species blooms occurred during Early Danian times. Fossil assemblages are typical of low latitudes, with *Lithraphidites quadratus*, *Micula prinsii*, *Neobiscutum parvulum* and *Prinsius petulosus*. Changes in the ratio *Micula* spp./*Watznaueria barnesae*, with 0.5 in the Upper Maastrichtian and 1 in the uppermost Maastrichtian, may be related to cooling of surface waters during latest Maastrichtian. The indications are of a crisis in a stable and diversified ecosystem, which became unstable during latest Maastrichtian, and eventually collapsed; its main changes occurring during earliest Danian times. Tertiary species appearances, in the *Cruciplacolithus primus* Zone, mark the starting point of a new complex ecosystem.

Keywords: Cretaceous/Tertiary transition, Biotic Crisis, palaeoecology, calcareous nannofossils, Biarritz, Basque-Cantabrian Region.

RESUMEN

La sección de Bidart, cercana a Biarritz (Francia) muestra una buena representación del paso Cretácico-Terciario (KT). Los porcentajes de cada especie se han calculado sobre contajes de 500 nanolitos escogidos al azar. Esto permite tener constancia de las especies que constituyen al menos el 1% del total, con un límite de confianza del 99% ($p < 0,01$). La asociación con unas 70 especies es característica del Maastrichtiense medio al Daniense inferior, con las zonas de *Lithraphidites quadratus*, *Micula murus*, *Micula prinsii*, *Biantholithus sparsus* y *Cruciplacolithus primus*. Las abundancias absolutas de los nanofósiles varían apreciablemente en el paso KT. En las muestras maastrichtienses la media es de 6 nanolitos/campo visual (Nan./C.V.) frente a 1 Nan./C.V. en las muestras danienses estudiadas. Esta disminución nos permite inducir una menor productividad en el Daniense basal en comparación con el Maastrichtiense superior. Estos cambios van asociados con eclosiones sucesivas de varias especies "persistentes" en el Daniense basal. La asociación es típica de bajas latitudes, con la presencia de *Lithraphidites quadratus*, *Micula prinsii*, *Neobiscutum parvulum* y *Prinsius petulosus*. Las variaciones en la relación *Micula* spp./*Watznaueria barnesae*, desde 0,5 en el Maastrichtiense superior a 1 en el Maastrichtiense terminal, se interpretan como una disminución de la temperatura de las aguas superficiales antes del límite KT. Todo ello ilustra la crisis de un ecosistema estable y diversificado en el Maastrichtiense superior, con síntomas de inestabilidad en el Maastrichtiense terminal y que, finalmente, colapsó; mostrándose sus máximos efectos durante el Daniense basal. Los inicios de un nuevo ecosistema se dieron con la aparición de especies terciarias en la Zona de *Cruciplacolithus primus*.

Palabras clave: Paso Cretácico-Terciario, Crisis biótica, paleoecología, nanofósiles calcáreos, Biarritz, Región Vascoantabrica.

INTRODUCCIÓN

La sección de Bidart, situada al sur de Biarritz, es bien conocida por los estudiosos del límite Cretácico/Terciario (KT), destacando por su abundancia en macro y microfósiles (Fig. 1).

Paleogeográficamente, el área de Bidart estuvo situada durante el Cretácico en el borde septentrional de la Región Vascoantabrica, depositándose en ella materiales calcáreos y sílex durante la mayor parte del Cretácico Superior, luego materiales calcareopelíticos a partir del Campaniense medio, en relación con el relleno del Surco de Orio, situado al SW del área de estudio. Más adelante durante el Maastrichtiense superior la sedimentación se uniformizó en toda la región (Mathey, 1987). Las máximas profundidades se localizaron en el área de Zumaya (provincia de Guipúzcoa) con unos 1500 m (Delacotte, 1982). La uniformidad en la sedimentación perduró durante el Paleoceno Inferior, con materiales más calcáreos que los del Maastrichtiense, depositándose las denominadas "Calizas Rosas del Danés".

Martini (1961) fue el primero que estudió la nanoflora calcárea de los materiales del Cretácico Superior y del Terciario de la región. Percival y Fischer (1977), en un estudio realizado en dos cortes situados en las inmediaciones de la localidad de Zumaya, analizaron las transformaciones sufridas por las asociaciones de foraminíferos planctónicos y, especialmente, de nanoplancton calcáreo durante el límite KT. En este trabajo se diferenciaron, por vez primera, tres grupos de especies de nanofósiles calcáreos que exhiben comportamien-

tos distintos durante dicho tránsito. En un estudio preliminar de la nanoflora de Bidart (Perch-Nielsen, 1979b) citó la presencia de *Micula prinsii*, especie marcadora del Maastrichtiense terminal. Perch-Nielsen *et al.* (1982) compararon esta sección con otras siete, distribuidas en diferentes latitudes, con objeto de definir una secuencia continua y completa. En este sentido, la Zona de *Micula prinsii* de la sección de Bidart tiene una de las mayores potencias conocidas.

En un estudio conjunto de foraminíferos planctónicos y nanoplancton calcáreo de la sección de Sopelana (Vizcaya) (Lamolda *et al.* (1983) se reconocieron las zonas de *Micula murus* y *Micula prinsii*, del Maastrichtiense, y la Zona de *Markalius inversus*, del Daniense basal, destacándose la diferencia de potencia de la Zona de *M. prinsii* entre la sección de Sopelana (unos pocos centímetros) y la de Bidart. Posteriormente, Flores *et al.* (1990) compararon los datos obtenidos, siguiendo técnicas cuantitativas, de tres secciones del límite KT de la Región Vascoantabrica (Monte Urko, Zumaya y Bidart). Constataron importantes diferencias, no sólo respecto a la posición del primer registro de la especie *M. prinsii*, sino también en la abundancia del nanoplancton, riqueza específica y estado de conservación del mismo, interpretándolas como un resultado de la transformación diagenética sufrida por la asociación de nanofósiles.

Tsizaraina (1984) realizó nuevos estudios sobre el nanoplancton calcáreo y los foraminíferos planctónicos de Bidart. Seyve (1990) con datos de Bidart y de Pointe Sainte Anne (Bahía de Loya, Hendaya), reconoció las zonas danienses de *Biantholithus sparsus*, *Cruciplacolithus primus* y *Prinsius dimor-*

phosus, de Romein (1979), y señaló la presencia de *Neobiscutum parvulum*. Otros estudios posteriores sobre la nanoflora de Bidart son el de Manivit (1989), en materiales de edades Campaniense a Maastrichtiense superior, en el que se correlacionan los bioeventos con datos de magnetostratigrafía, y el de Burnett *et al.* (1992) en el que se correlaciona la bioestratigrafía del Maastrichtiense de esta sección con las de Zumaya y Hendaya (Pointe Sainte Anne).

El resto de las publicaciones, dejando aparte los trabajos de Ward (1988) y Ward y Kennedy (1993) sobre macrofauna (ammonoideos), tratan esencialmente aspectos geoquímicos. Las variaciones en las concentraciones de los isótopos de oxígeno y carbono fueron señaladas por Romein y Smit (1981a), quienes detectaron descensos en $\delta^{18}\text{O}$ y en $\delta^{13}\text{C}$, relacionados con el límite KT. Pero fueron Renard *et al.* (1982) quienes examinaron detalladamente esas variaciones, además del contenido en estroncio, sobre varias secciones (incluida la de Bidart) localizadas en diferentes latitudes, con objeto de demostrar la utilidad estratigráfica y paleogeográfica de las señales geoquímicas. Bonté *et al.* (1984) estudiaron la concentración de iridio, detectando un único nivel coincidente con el pico en la concentración de los isótopos de oxígeno y carbono del límite KT. Delacotte (1982) y Delacotte *et al.* (1985) aportaron datos sobre la magnetoestratigrafía, correlacionándola con la bioestratigrafía de nanofósiles calcáreos y foraminíferos planctónicos.

Todos estos estudios hacen de la Sección de Bidart una de las más investigadas en la región. No obstante, los estudios sobre la nanoflora calcárea han seguido pautas de preparación y de análisis diferentes que les hacen difícilmente comparables, fundamentalmente por no haber una cuantificación. En este trabajo se han seguido las mismas técnicas metodológicas que en las secciones de Monte Urko (Gorostidi y Lamolda, 1991) y de Zumaya (Lamolda y Gorostidi, 1992). Aplicando técnicas cuantitativas se reconocieron las zonas de *Lithraphidites quadratus*, *M. murus*, *M. prinsii* y *M. inversus* para el Maastrichtiense superior y Daniense basal y se precisaron los límites de los acmés que caracterizan la base del Daniense, que ya habían sido apuntados previamente (Flores *et al.*, 1990; Seyve, 1990).

compuesta (Fig. 2). Sus características litológicas muestran algunas variaciones respecto a las de la sección de Zumaya, con una potencia algo menor por encontrarse en la zona de borde de un surco (Mathey, 1987). Los materiales danienses son friables y de colores rosados; los maastrichtienses tienen coloraciones grises y verdosas, en ocasiones rosadas.

Algunas de las unidades establecidas por Wiedmann (1988), en Zumaya, pueden identificarse en Bidart. El estudio aquí presentado comprende el Maastrichtiense superior (Zona de *Abathomphalus mayaroensis* de los foraminíferos planctónicos, según los datos de Premoli-Silva en Delacotte *et al.*, 1985) y el Daniense basal.

En la base hay un paquete margoso, que puede corresponderse con la unidad 7 de Wiedmann (1988). Sobre el mismo viene una alternancia de margocalizas y margas, con algún nivel más calcáreo hacia el tercio inferior y otro más arcilloso hacia dos tercios superiores (Fig. 2); todo este conjunto podría corresponder a las unidades 8 a 11 de Wiedmann. Las potencias son similares a las de Zumaya, pero la correlación litoestratigráfica es dudosa; basta comparar las diversas interpretaciones que se les han dado (Clauser, 1987; Ward, 1988 y Ward y Kennedy, 1993).

A este conjunto se superponen unas margas grises y verdosas, con algunos niveles más margocalizos, con una potencia de una decena de metros, que se corresponden con la unidad 12 de Wiedmann. El techo es una superficie algo endurecida, neta y perforada por algunos icnofósiles; marca el límite KT.

Las margas que la sobreyacen (unidad 13 de Wiedmann), de un color verde oscuro en su base y luego rojizas y más calcáreas hacia techo, tienen una potencia de unos 30 cm, similar a la de unidades correspondientes en otras secciones. En sus primeros centímetros se han detectado anomalías geoquímicas, tanto de iridio (con un máximo de 6 ppb; según Bonté *et al.*, 1984), como de los isótopos ^{13}C y ^{18}O (Delacotte, 1982).

La unidad 14 de Wiedmann está representada, en la sección de Bidart, por calizas margosas de colores rosa a blanco, con niveles turbidíticos intercalados de potencia variable de acuerdo con su carácter erosivo.

ESTRATIGRAFÍA

El área de Bidart está afectada por la tectónica, por lo que el estudio de la misma debe referirse a una sección

TÉCNICAS DE PREPARACIÓN Y RECUENTO

El estudio realizado ha consistido en el análisis cuantitativo del nanoplancton calcáreo de 50 muestras. El intervalo de

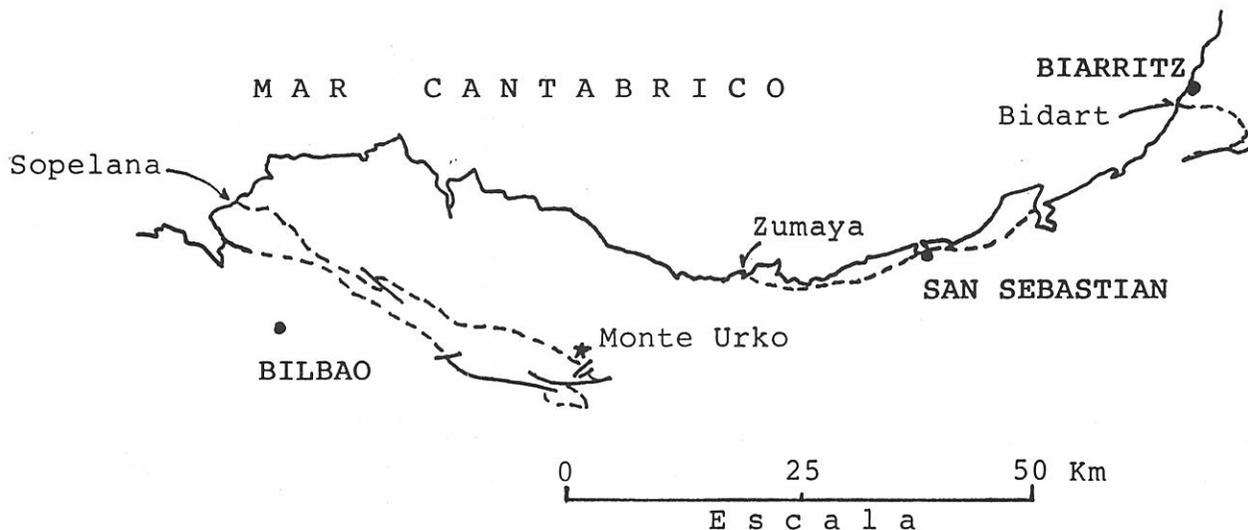


Figura 1. Situación geográfica de la sección de Bidart y otras localidades de la Región Vasco-cantábrica. La línea discontinua señala el contacto normal entre los terrenos cretácicos y cenozoicos (en el caso de línea continua el contacto es mecánico).

muestreo se ha elegido en función de los objetivos del estudio, oscilando entre varios metros y unos pocos centímetros (Fig. 2); ha sido especialmente detallado en las proximidades del límite KT debido a los cambios bruscos que se registran en las asociaciones de nanofósiles.

Dado que se pretende realizar un estudio cuantitativo del nanoplancton calcáreo, para minimizar los errores se ha elegido una preparación de las muestras en "bruto" (Flores, 1985); se prescinde de métodos como la decantación, el filtrado o la centrifugación, que introducen un sesgo importante en la información sobre la asociación registrada, que es enriquecida en morfologías redondeadas y/o en ciertos tamaños. Además, con objeto de obtener datos comparables entre sí, todas las muestras han sido sometidas a la misma rutina, de tal manera que no sólo las condiciones sean las mismas, sino que además el método sea reproducible.

Se toman 0,02 g de polvo de una superficie fresca, que se diluyen en 10 ml de agua destilada. Para conseguir una disgregación perfecta de la muestra, se agita la suspensión en un frasco y se deja reposar durante unas 24 horas; transcurrido ese periodo y puesto de nuevo el material en suspensión, se extraen con una pipeta 0,2 ml que se extienden sobre un portaobjetos, de forma que cubran una superficie de 7 cm². Se deja secar la muestra sobre una placa eléctrica a una temperatura inferior a 65°C; una vez seca, se sella con Bálsamo del Canadá y un cubreobjetos.

El estudio de las muestras se ha realizado con un microscopio petrográfico. Para la determinación de los especímenes se han utilizado la luz normal, la luz polarizada y ocasionalmente el contraste de fases. Además, el compesador de 1/4 λ ha suministrado importante información para la identificación de algunos taxones. Normalmente se trabaja a 1000 X, a veces a 1500 X.

El estudio cuantitativo consta de dos etapas. En la primera se hace una estimación de la abundancia total en nanofósiles, realizada sobre 30 campos visuales (C.V.) elegidos al azar. Igualmente, se obtiene información sobre el estado de conservación de la asociación.

En la segunda fase se determinan taxonómicamente unos 500 nanofósiles por muestra, tomados al azar. De acuerdo con Dennison y Hay (1967) deben constar todos aquellos taxones cuya frecuencia relativa en las muestras sea igual o superior al 1% (p < 0,01). Los nanolitos contabilizados deben estar completos o más de la mitad de un ejemplar en el caso de *Thoracosphaera* spp. Esta segunda fase proporciona el número de especies identificadas por muestra y sus frecuencias.

Si bien todos los datos numéricos proporcionados en este estudio responden al recuento de 500 individuos, en algunos casos se ha estimado conveniente analizar un número más elevado de nanofósiles.

ASOCIACIONES DE NANÓFOSILES

El análisis cuantitativo de la nanoflora calcárea da abundancias medias de 4 nanofósiles/campo visual (Nan./C.V.), oscilando entre 17 y 0,2 Nan./C.V. El nanoplancton calcáreo exhibe en general un grado de conservación moderado. Se han reconocido en torno a las 70 especies (Fig. 3), siendo el número de taxones identificados por muestra entre 25 y 35, en el Maastrichtiense, y entre 17 y 35, en el Daniense.

El Maastrichtiense tiene una abundante nanoflora (media 6 Nan./C.V.) con una asociación similar a la reconocida en Zumaya (Lamolda y Gorostidi, 1992, 1994). Así, las especies que se registran en proporciones superiores al 5% son: *Watznaueria barnesae*, *Prediscosphaera cretacea*, *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Micula decussata* y *Cribrosphaerella ehrenbergii*. Estos taxones constituyen en conjunto del 55 al 85% de la asociación. Las especies que se registran en proporciones entre el 1

y el 5% son: *Microrhabdulus attenuatus*, *Micula concava*, *Cribracorona gallica*, *Placozygus fibuliformis*, *Chiastozygus* spp., *Retecapsa* spp., *Eiffellithus turriseiffelii* y *Micula murus*. El resto de los taxones son raros (menos del 1%), entre ellos cabe resaltar a *Ceratolithoides aculeus*, *Corollithion ? madagaskarensis*, *Microrhabdulus undosus*, *Retecapsa surirella*, *Prediscosphaera*

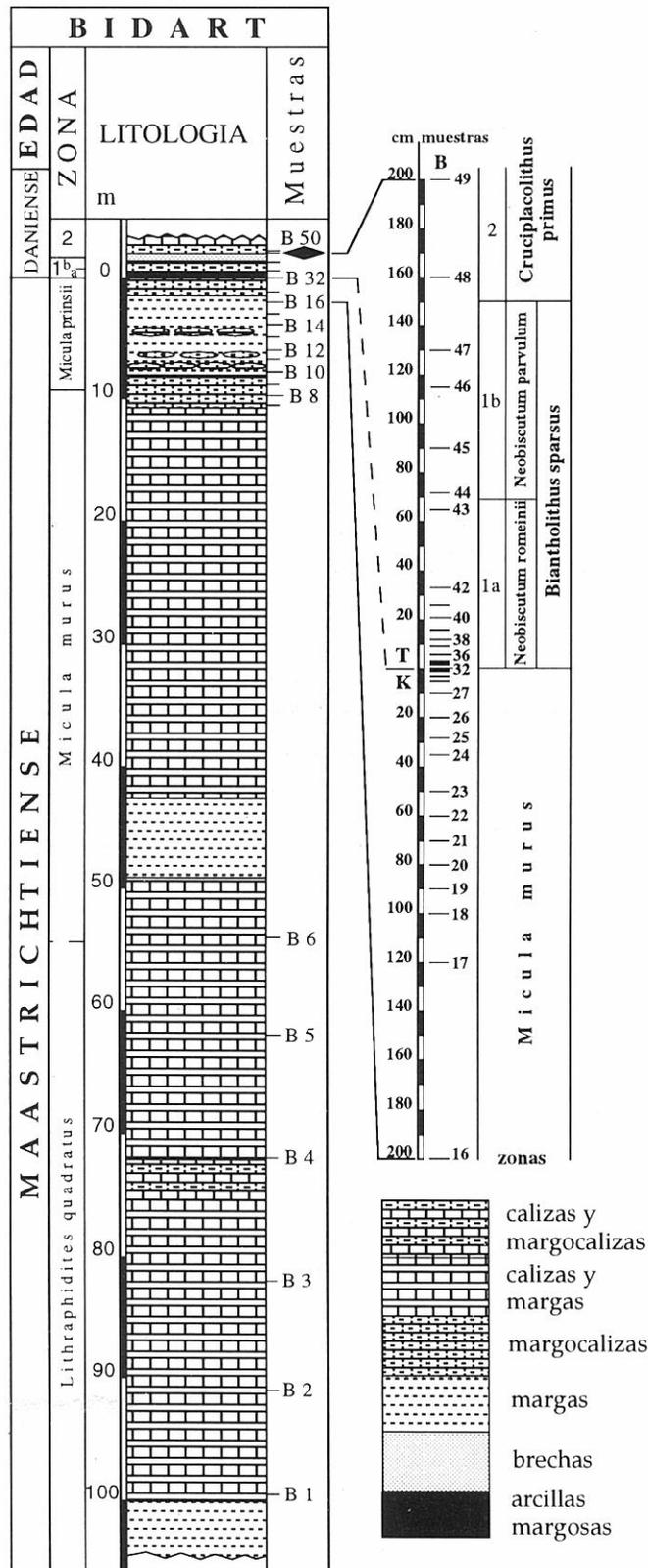


Figura 2. Columna estratigráfica compuesta de la sección de Bidart y posición de las muestras estudiadas.

ra *honjoi*, *Pediscosphaera quadripunctata*, *L. quadratus* y *M. prinsii*. Sólo algunas de las especies raras tienen sus últimos registros antes del límite KT. La mayor parte lo sobrepasa e incluso algunas presentan pequeños incrementos en sus porcentajes; en términos generales las especies maastrichtienses se registran en los primeros decímetros del Daniense.

En los materiales maastrichtiense de esta sección se registran las primeras apariciones de las especies: *M. murus* (muestra B 5); *M. prinsii* (B 9); *Ceratolithoides kamptneri* (B 10) y *Cylindralithus oweinae* (B 12).

Las especies “persistentes” reconocidas son: *Octolithus multiplus*, *Placozygus sigmoides*, *Cyclagelosphaera reinhardtii*, *Braarudosphaera bigelowii*, *Thoracosphaera* spp. y *Neocrepidolithus neocrasus*, si bien esta última sólo ha sido reconocida en las muestras danienses. Los incrementos en los porcentajes de estos taxones por encima del límite KT son bruscos, reconociéndose cuatro acméas (Fig. 4):

– *Thoracosphaera* spp., este dinoflagelado calcáreo, tradicionalmente estudiado con el nanoplacton calcáreo, tiene un registro raro y discontinuo desde la muestra B 19, pero no es sino a partir de la muestra B 32 (2%), tomada justo en el límite KT, donde empieza a producirse un rápido incremento en sus proporciones, que llega al 21% en la muestra B 35 a 3 cm sobre el límite KT. Posteriormente sufrirá un paulatino descenso sin perjuicio de algún ligero aumento ocasional en su abundancia.

– *Cyclagelosphaera reinhardtii*, presente en las muestras del Maastrichtiense de forma discontinua y en porcentajes inferiores al 1%, alcanza el 10% justo en el límite KT y aumenta drásticamente hacia techo, constituyendo el 57% de la asociación a 6 cm sobre el límite. Por encima se produce otro máximo con porcentajes en torno al 75%, en la muestra

B 40 (21 cm sobre el límite KT). Mantiene sus proporciones por encima del 50% entre los 20 y 30 cm, luego con valores algo inferiores hasta 1 m sobre dicho límite. Por encima disminuye hasta ser escasa en la parte superior de la columna estudiada.

– *Braarudosphaera bigelowii*, es una especie rara y de distribución irregular tanto en los materiales maastrichtienses como en los danienses basales, hasta la muestra B 39. Entre los 16-26 cm, sobre el límite KT, las proporciones son bajas (en torno al 3%). Aproximadamente, a los 30 cm sobre el límite KT, se registra una eclosión de dicha especie que alcanza el 34% de la asociación. Estos porcentajes se mantienen hasta el techo de la sección (2,20 m sobre el límite KT).

– *Octolithus multiplus*, reconocida en alguna muestra aislada del Maastrichtiense, no se registra regularmente hasta 70 cm por encima del límite KT; las proporciones más elevadas, entre 15 y 20%, se dan hacia los 2 m sobre dicho límite.

El resto de las especies “persistentes” se registran siempre en proporciones mucho más bajas. *Placozygus sigmoides* es una especie rara y de distribución irregular. *Neocrepidolithus neocrasus* sólo ha sido reconocida en el Daniense, siendo sus proporciones inferiores al 5%. *Markalius inversus*, reconocida en todas las muestras danienses estudiadas, no sobrepasa el 6%.

Las muestras del Daniense basal presentan una abundancia media de 1 Nan./C.V. frente a la de 6 en el Maastrichtiense. Hay una buena representación de la asociación característica del Maastrichtiense, particularmente en los 3 cm basales (Fig. 3) donde constituyen entre el 80 y el 90% de la asociación, al igual que se señaló para Zumaya (Lamolda y Gorostidi, 1994). Sin embargo, la disminución en las proporciones de estos nanofósiles a techo es más brusca en la sección de

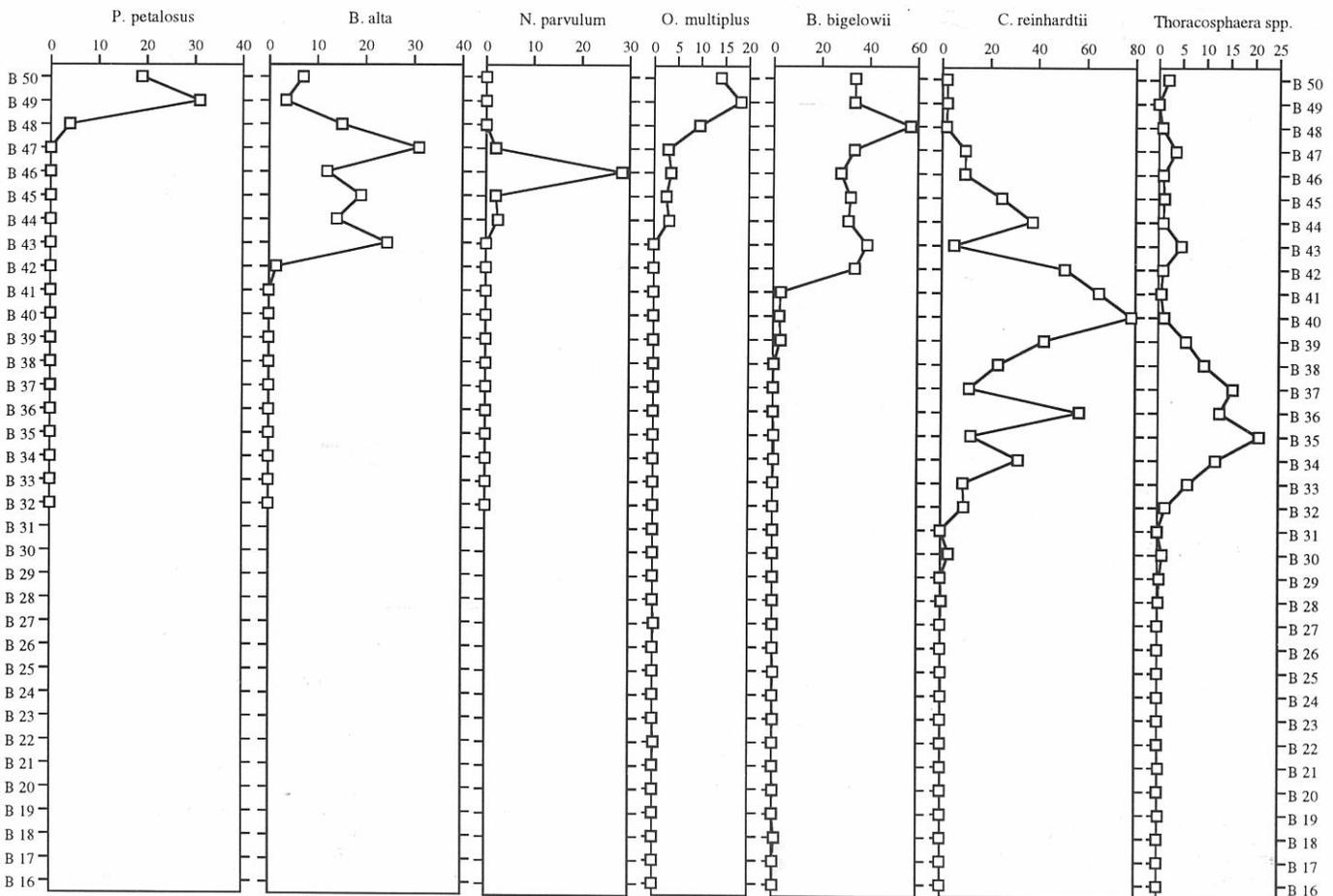


Figura 4. Posición de diversas eclosiones en el Daniense basal y porcentajes de las especies referidas en el tránsito KT.

Bidart; tan sólo forman el 9 % de la asociación a 30 cm sobre el límite KT, frente al 28 % en Zumaya, y menos del 1 % a 2 m.

Hay otras especies que tienen su primer registro en el Daniense basal. La de registro más antiguo es *Biantholithus sparsus*, nanofósil raro prácticamente en todas las secciones donde se conoce y de distribución irregular. Otros tres nanofósiles que están presentes, desde las muestras más bajas del Daniense, son *Cyclagelosphaera alta*, *Braarudosphaera discula* y *Braarudosphaera alta*; los primeros registros de estas dos últimas se producen en la muestra B 42 y sus porcentajes más altos en la muestra B 47, aproximadamente a 1,30 m sobre el límite KT (9 % y 30 % de la asociación, respectivamente; Fig. 4).

A unos 70 cm sobre el límite KT se reconocen por primera vez nanofósiles de talla muy pequeña, identificados aquí como *Neobiscutum parvulum*. Estos cocolitos alcanzan porcentajes tan elevados como el 28 % de la asociación en la muestra B 46 (1,15 m sobre el límite KT).

En la muestra B 48 (1,60 m sobre el límite KT) presentan sus primeros registros cuatro nuevas especies: *Cruciplacolithus primus*, *Prinsius petalonus*, *Markalius apertus* y *Neochiastozygus primitivus*. Mientras *M. apertus* es una especie rara, *C. primus* y *N. primitivus* se registran en proporciones inferiores al 10 % y *P. petalonus* llega al 30 % en la parte superior de la columna (muestra B 49, 2 m sobre el límite KT; Fig. 4).

ASPECTOS TAFONÓMICOS

En otros materiales cretácicos es bien conocida la correlación entre las proporciones de *W. barnesae* y el estado de conservación de la nanoflora calcárea (Roth y Krumbach, 1986; Lamolda *et al.*, 1994). Sin embargo, para las muestras maastrichtienses esta relación no es tan clara, quizás por la presencia de *Micula decussata*, el taxón más resistente del Cretácico Superior (Thierstein, 1980). *M. decussata*, al igual

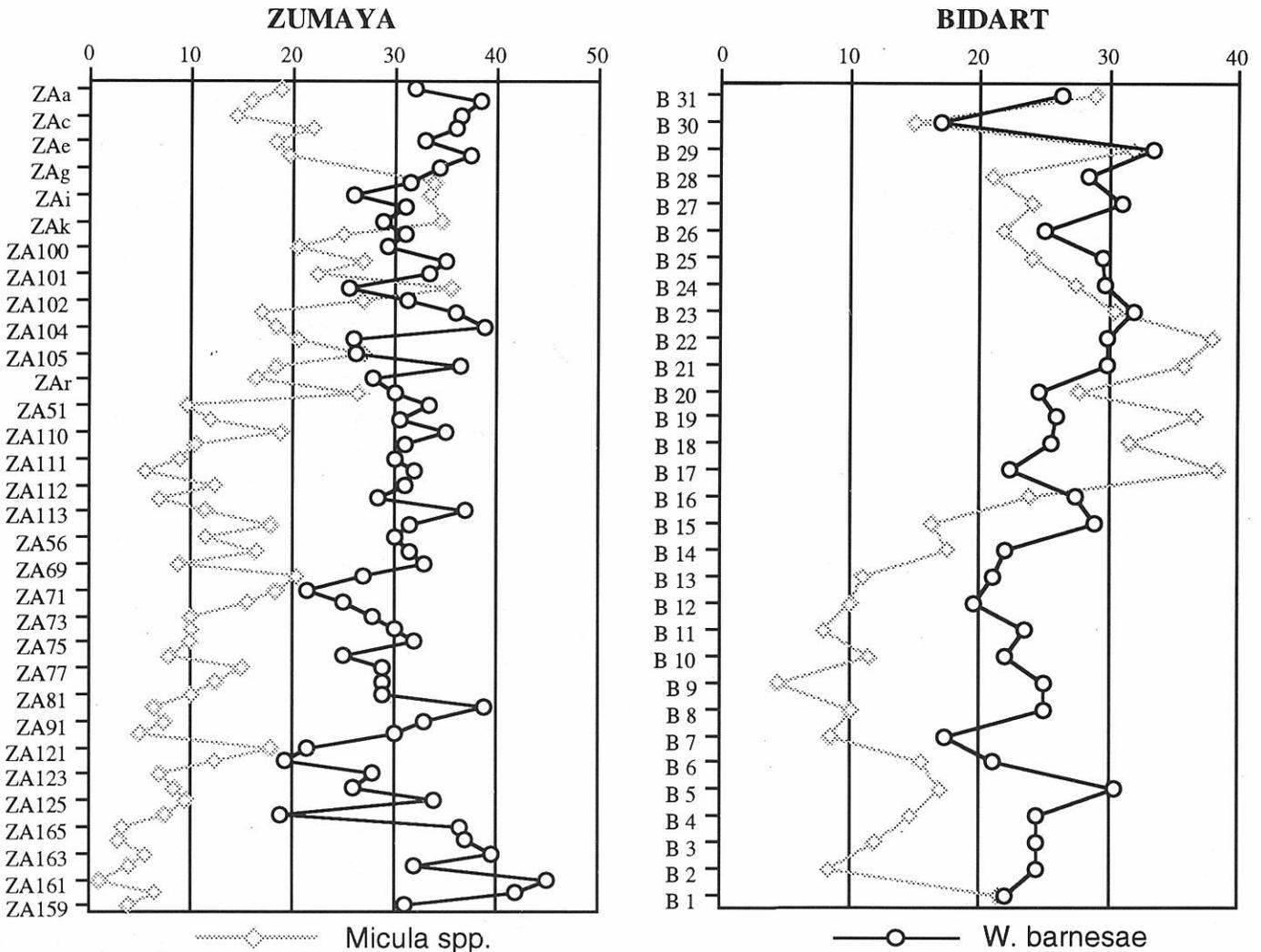


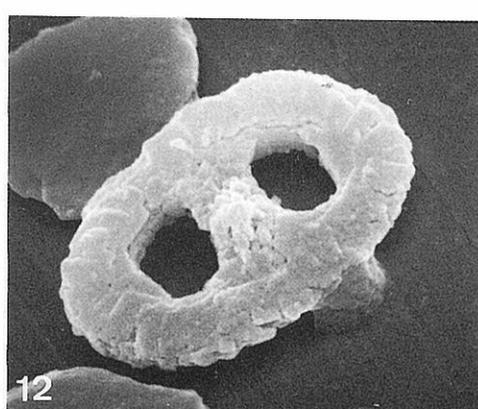
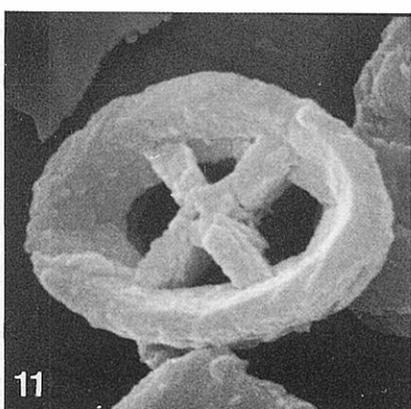
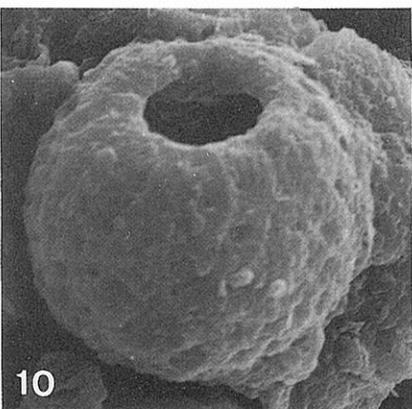
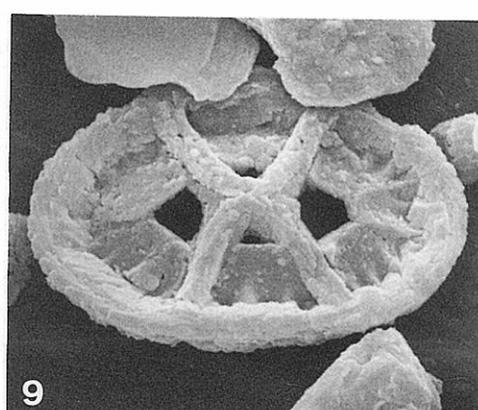
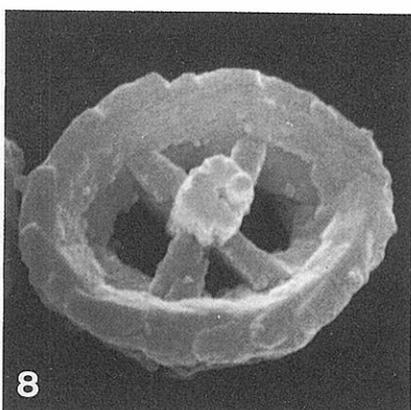
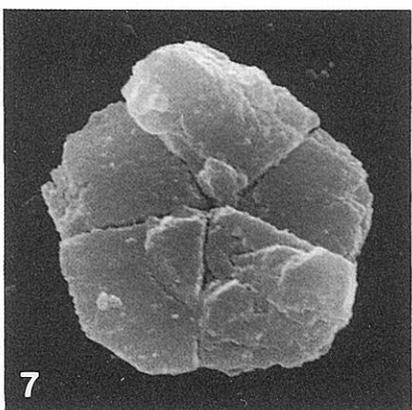
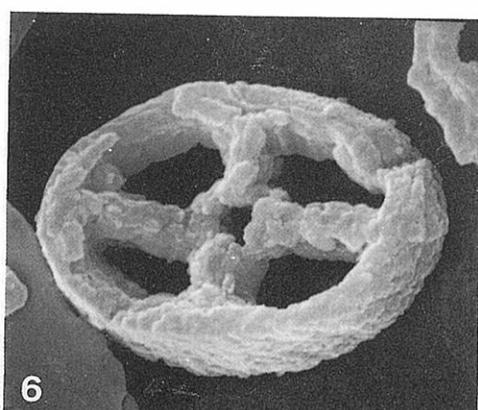
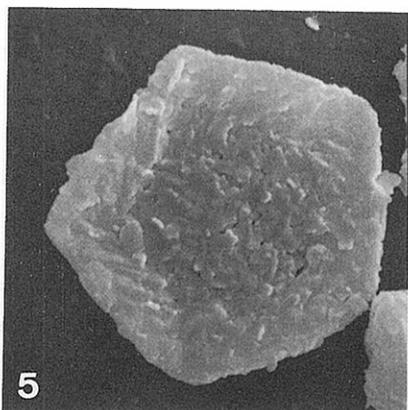
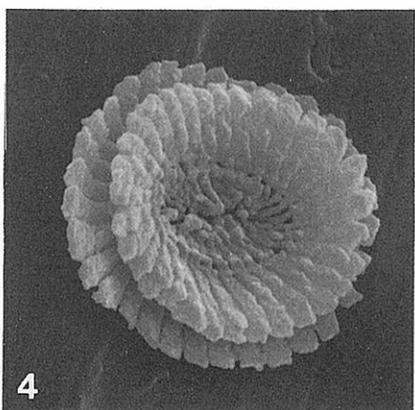
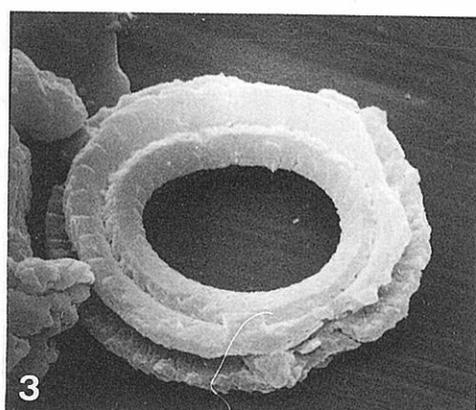
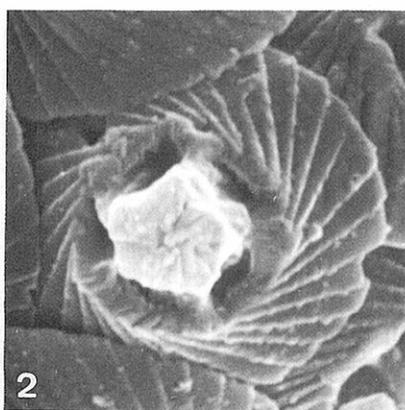
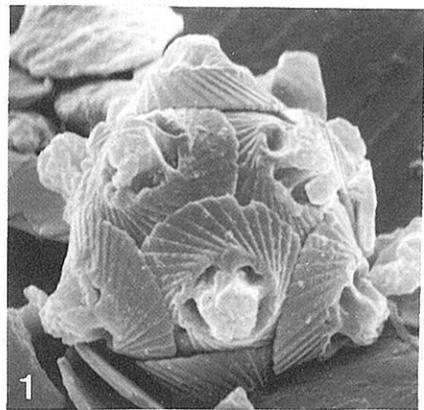
Figura 5. Variaciones en los porcentajes de *Watznaueria barnesae* y *Micula* spp. en el Maastrichtiense de Bidart y Zumaya (no guardan escala).

Lámina I

- 1 *Cocosfera* de *Cyclagelosphaera alta*.
- 2 *Cyclagelosphaera alta* Perch Nielsen. Vista distal.
- 3 *Manivitella pennatoidea* (Deflandre). Vista proximal.
- 4 *Watznaueria barnesae* (Black). Vista proximal.
- 5 *Goniolithus fluckigeri* Deflandre. Vista distal.
- 6 *Vekshinella crux* (Deflandre y Fert).

- 7 *Braarudosphaera bigelowii* (Gran y Braarud).
- 8 *Corollithion ? madagaskarensis* Perch Nielsen. Vista distal.
- 9 *Eiffellithus turrisieffeli* (Deflandre). Vista distal.
- 10 *Thoracosphaera operculata* Bramlette y Martini.
- 11 *Corollithion ? madagaskarensis* Perch Nielsen. Vista proximal.
- 12 *Placozygus sigmoides* (Bramlette y Sullivan). Vista distal.

Escala gráfica = 4 µm.



que *W. barnesae*, incrementa sus proporciones en muestras con una pobre preservación. Sin embargo, el comportamiento de ambos taxones, cuando están presentes en la misma muestra, es en ocasiones complementario (Fig. 5).

Como puede evidenciarse comparando los datos de esta sección con los de Zumaya y Monte Urko, se produce un incremento en la abundancia de ambos taxones con el empeoramiento del estado de conservación. Sus proporciones son más altas en la sección de Monte Urko que en las de Zumaya y Bidart (Tab. 1), mientras que tanto el número de especies por muestra como el de nanolitos por campo visual tienen un comportamiento contrario. Estos dos últimos índices están directamente relacionados con el grado de conservación, apreciado por la recristalización y disolución de los nanofósiles, su fragmentación, la pérdida de estructuras morfológicas delicadas, etc.

Las diferencias en las proporciones de especies características del Maastrichtiense observadas en el Daniense basal de Zumaya y Bidart, referidas más arriba, apoyan también una peor conservación de las asociaciones en Zumaya, pues tanto *M. decussata* como *W. barnesae* están entre los taxones más abundantes.

La especie *Micula prinsii* es un taxon cuya abundancia es indicativa del grado de conservación. En el caso de la sección aquí estudiada está presente entre los 9-10 metros bajo el límite KT y el Daniense basal. Otras especies, como *Prediscosphaera quadripunctata*, *P. honjoi*, *Microrhabdulus undosus* y *Corollithion ? madagaskarensis*, confirman con su presencia una mejor conservación de las asociaciones en la sección de Bidart que en las de Zumaya y Monte Urko (en general, las muestras de Bidart tienen una conservación moderada, las de Zumaya y Monte Urko la tienen pobre).

Todos estos datos sobre la preservación apoyan la hipótesis del control tafonómico sobre la distribución y consiguiente caracterización de la Zona de *Micula prinsii* en la región (Flores *et al.*, 1990), reducida a unos centímetros en el propio límite KT en Zumaya y Monte Urko y con una decena de metros de potencia en Bidart, sin que ello implique una diferente representación del Maastrichtiense terminal. Hay que señalar, en este sentido, las variaciones de potencia que esta zona presenta en otras secciones: desde unos 15 m en El Kef (Perch-Nielsen, 1981), 13 m en el Atlántico Sur, Site 524 (Hsu *et al.*, 1982) a unos centímetros en la sección de Lattengebirge (Herm *et al.*, 1981). Por tanto, esas diferencias no están restringidas a la Región Vascoacántabrica, con lo que las diversas potencias han de ser debidas al diferente grado de conservación que presentan los nanofósiles en las referidas secciones, además de la influencia de las velocidades de sedimentación en cada caso.

	<i>W. barnesae</i>	<i>Micula</i> spp.	Espec./Muestra	Nan./C.V.
Bidart	25,4	22	29	6
Zumaya	30	21	18	2
Monte Urko	35,8	30,5	16	1

Tabla 1. Valores de diversos índices de interés tafonómico en las secciones estudiadas. Nan./C.V. = n.º de nanolitos por campo visual, X 1000. Espec./Muestra = media del n.º de especies por muestra. Porcentajes medios para las especies citadas.

BIOESTRATIGRAFÍA

De las tres zonas definidas por Cěpek y Hay (1969): Zona de *Chiasozygus initialis*, Zona de *Lithravidites quadratus* y Zona de *Nephrolithus frequens*, para el Maastrichtiense, tan sólo las dos últimas han sido utilizadas en biozonaciones posteriores. Bukry y Bramlette (1970) en su estudio del Leg 44 en el Atlántico SW, definieron la acrozona de *Tetralithus nitidus-trifidus* (zona transicional entre el Campaniense y el Maastrichtiense), la Zona de *L. quadratus*, cuyo límite superior modificaron tomando como referencia el primer registro de *M. murus*, y la acrozona de *M. murus*, que durante algún tiempo fue considerada la última zona del Maastrichtiense en medias y bajas latitudes, en tanto que en altas latitudes se utilizaba la Zona de *N. frequens*. Perch-Nielsen (1979a) utilizó la especie *Micula prinsii* para caracterizar el Maastrichtiense terminal. No obstante, al ser *M. prinsii* un nanofósil sensible a la disolución, puede no tener registro, lo que explica que en numerosas localidades la Zona de *M. murus* sea la más moderna del Maastrichtiense.

La relativa homogeneidad en las biozonaciones del Maastrichtiense superior no se da en el Maastrichtiense inferior, para el que se han apuntado numerosas especies índice. Para nuestro caso es útil la propuesta de Martini (1976), que modificó la de Perch-Nielsen (1972) sobre la Zona de *Arkhangelskiella cymbiformis*, con la base marcada por el último registro de *Tetralithus trifidus* y el techo por el primer registro de *Lithravidites quadratus*. Dicha zona es sinónima de la Zona de *Lithravidites praequadratus*, definida por Roth (1978).

Tanto en la sección de Bidart como en otras de la Región Vascoacántabrica se han reconocido asociaciones típicas del Dominio del Tethys (Gorostidi, 1993), con las especies *L. quadratus*, *M. murus* y *M. prinsii*. Por contra, la especie *N. frequens*, propia de latitudes altas, no se ha encontrado. Es por lo que nuestras asociaciones se ajustan bien a las biozonaciones de Bukry y Bramlette (1970) y Perch-Nielsen (1979a) (Fig. 6).

Por lo que respecta al Paleoceno Inferior, las tres primeras zonas definidas por Mohler y Hay (in Hay *et al.*, 1967): Zona de *Markalius astroporus*, Zona de *Cruciplacolithus tenuis* y Zona de *Fasciculithus tympaniformis*, han sido aceptadas por otros autores posteriormente. Así la Zona NP-1 de Martini (1971), Zona de *Markalius inversus*, es sinónima de la de *Markalius astroporus* antes citada, aunque cambiando su límite inferior por el último registro de *Arkhangelskiella cymbiformis* y otras especies cretácicas, en lugar del primer registro de *M. astroporus*. Sin embargo, la Zona de *Cruciplacolithus tenuis* es mucho más amplia que su homónima de Martini (NP 2), ya que su límite superior lo define el primer registro de *Fasciculithus tympaniformis* que es, a su vez, el marcador del límite superior de la NP-4 (Zona de *Ellipsolithus macellus*); por lo que realmente abarca las zonas NP-2, NP-3 y NP-4 de Martini.

Romein (1979), después de realizar un estudio evolutivo sobre el género *Cruciplacolithus*, propuso una nueva biozonación para el Paleoceno Inferior. Valiéndose de los primeros registros de *Cruciplacolithus primus* y *Prinsius dimorphosus*, estableció las zonas de *Biantholithus sparsus*, C.

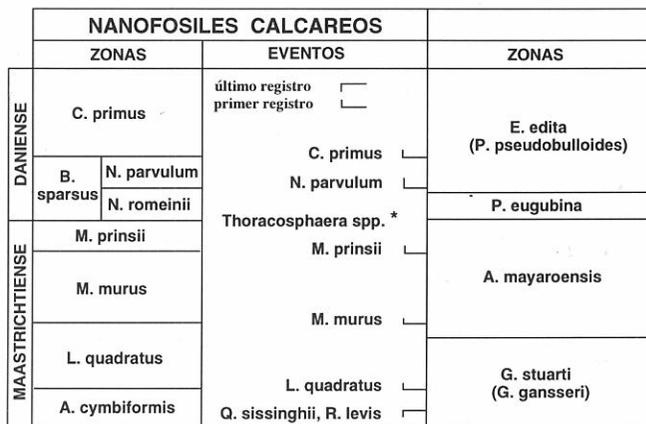
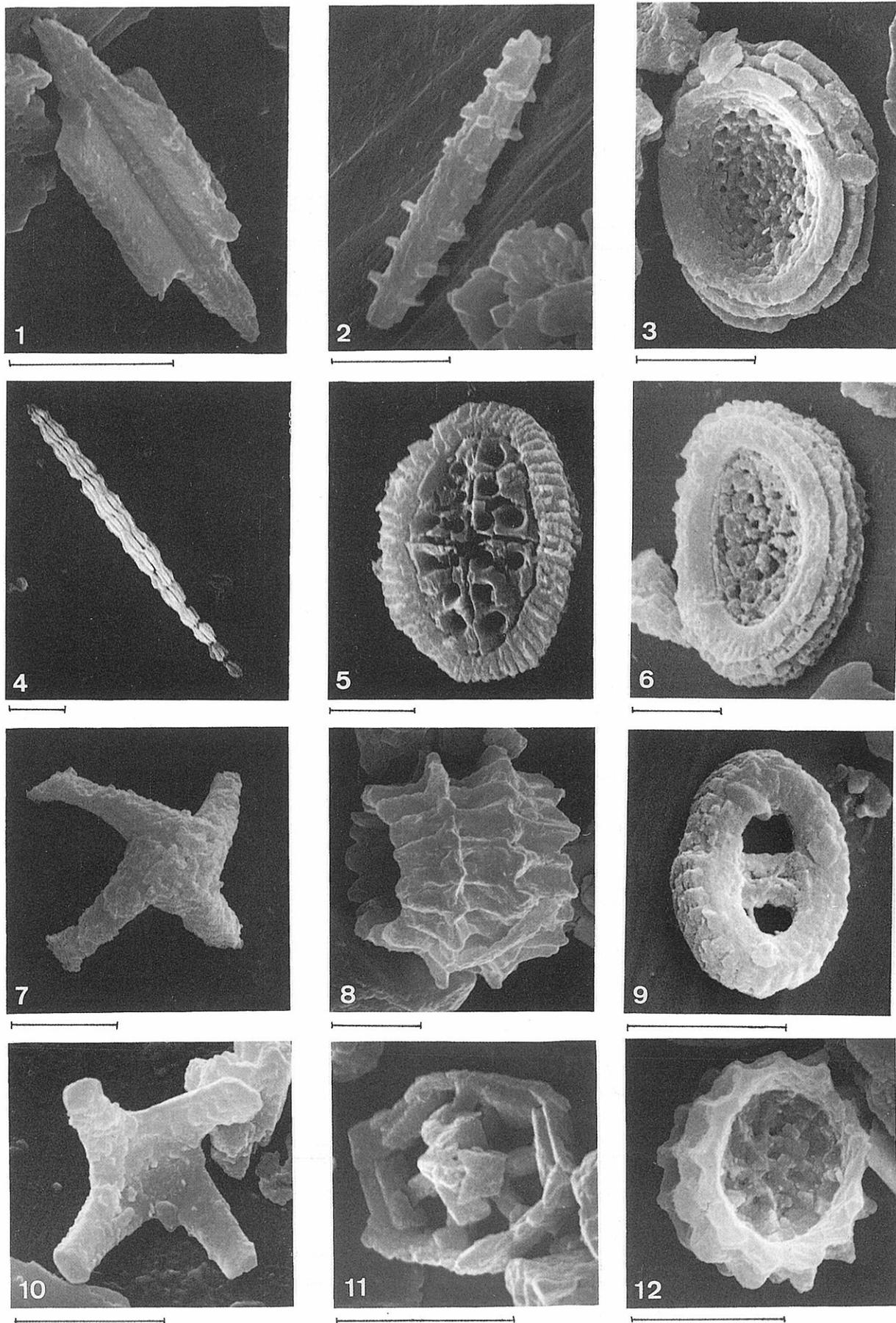


Figura 6. Biozonas reconocidas de nanofósiles (según Perch-Nielsen, 1985 y Romein, 1979, enmend. Perch-Nielsen, 1981). Posición de los eventos principales y correlación con las biozonas de foraminíferos planctónicos (según Lamolda, 1985 y Lamolda *et al.*, 1983). * Eclósión de *Thoracosphaera* spp.

Lámina II

- Lithravidites quadratus* Bramlette y Martini.
- Microrhabdulus belgicus* Hay y Towe.
- Cribrosphaerella ehrenbergii* Arkhangelsky. Vista proximal.
- Microrhabdulus undosus* Perch Nielsen.
- Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina. Vista distal.
- Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina. Vista proximal.
- Micula prinsii* Perch Nielsen. Vista axial.
- Cylindralithus oweinae* Perch Nielsen. Vista lateral.
- Placozygus fibuliformis* (Reinhardt). Vista proximal.
- Micula prinsii* Perch Nielsen. Vista proximal.
- Corollithion exiguum* Stradner. Vista distal.
- Cribrocorona gallica* (Stradner). Vista distal.

Escala gráfica = 4 µm



primus, *P. dimorphosus* y *C. tenuis*, que abarcan a las zonas NP-I a NP-3. Una precisión aún mayor la consiguió Perch-Nielsen (1981) diferenciando dos subzonas en la Zona de *B. sparsus* y tres en la de *C. primus*.

En el presente estudio (Fig. 6), dado que sólo se analiza la parte inferior del Daniense y que han sido detectados los primeros registros de *N. parvulum* y *C. primus*, se ha optado por seguir la zonación de Perch-Nielsen (1981) establecida en la sección de El Kef (Túnez) y basada en la de Romein (1979).

Zona de *Lithraphidites quadratus* Cêpek y Hay (1969) enmend. Bukry y Bramlette (1970)

Zona de Intervalo comprendida entre las primeras apariciones de las especies *Lithraphidites quadratus* Bramlette y Martini y *Micula murus* (Martini) Bukry.

Edad: Parte superior del Maastrichtiense medio y parte inferior del Maastrichtiense superior.

La asociación está constituida en su cuarta parte por especímenes de la especie *W. barnesae*, junto con *M. decussata*, *A. cymbiformis*, *P. cretacea* y *C. ehrenbergii*, todas ellas especies comunes; ocasionalmente puede serlo también *Placozygus fibuliformis*. Las especies *Eiffelithus parallelus*, *E. turrisseiffelii*, *Retecapsa* spp., *Chiastozygus* spp., *Microrhabdulus attenuatus*, *Micula concava* y *Cribrorocorona gallica* son especies escasas, a veces también están *Cretarhabdus conicus*, *Ahmuelterella octoradiata*, *Biscutum* spp., *Vekshinella crux* y *Prediscosphaera majungae*. Algunos taxones como *Biscutum* spp. tienden a disminuir hacia techo en la zona, en tanto que otros como *C. gallica* y *E. parallelus*, incrementan ligeramente sus porcentajes.

Observaciones: La Zona de *Lithraphidites quadratus*, que en su definición original (Cêpek y Hay, 1969) tenía como límite superior el primer registro de *Nephrolithus frequens* Gorka, fue enmendada por Bukry y Bramlette (1970) introduciendo en su lugar el primer registro de *Micula murus*. La Zona de *L. quadratus* así enmendada es diferente de su homónima utilizada por Roth (1973) y Bukry (1973), cuyo límite inferior viene marcado por el último registro de *Tetralithus trifidus* Stradner (= *Q. trifidum*), siendo, por tanto, esta última de mayor extensión que la utilizada en este estudio.

La especie *Lithraphidites quadratus*, cuyo modelo de distribución paleolatitudinal muestra dos picos de abundancia en áreas subtropicales de ambos hemisferios (Thierstein, 1981), ha sido tradicionalmente utilizada como marcador, siendo más común en la Región del Tethys y en el Atlántico; también está presente en el Pacífico central (Leg 17 del D.S.D.P., Roth, 1973) y Pacífico septentrional (Leg 62 del D.S.D.P., Cêpek, 1981).

En la región de estudio esta zona ha sido reconocida en las secciones de Bidart y Zumaya, no así en Monte Urko, donde tan sólo se muestran los últimos metros del Maastrichtiense. En Bidart no se identificó el límite inferior de la zona, aunque en Zumaya está completa con una potencia de 57 m (Gorostidi, 1993; Lamolda y Gorostidi, 1994).

Zona de *Micula murus* Bukry y Bramlette (1970) enmend. Perch-Nielsen (1979a).

Zona de Intervalo comprendida entre el primer registro de la especie *Micula murus* (Martini) Bukry y el primero de *Micula prinsii* Perch-Nielsen.

Edad: Maastrichtiense superior.

La asociación reconocida es idéntica a la de la Zona de *L. quadratus* con la presencia añadida de *Micula murus* que suele ser rara. Algunas especies "persistentes" están registradas irregularmente.

Observaciones: La especie *M. murus* es característica de regiones tropicales y subtropicales (Worsley y Martini, 1970), si bien se le encuentra en menores proporciones en altas latitudes de ambos hemisferios; tradicionalmente ha sido utilizada como marcador del Maastrichtiense superior.

En la Región Vascoantábrica, la Zona de *M. murus* ha sido reconocida también en Sopolana (Lamolda et al., 1983), así como en las secciones de Monte Urko (incompleta, Gorostidi y Lamolda, 1991) y Zumaya (Lamolda y Gorostidi, 1992, 1994).

Zona de *Micula prinsii* Perch-Nielsen (1979 a) enmend. Perch-Nielsen et al. (1982)

Zona de Intervalo comprendida entre la primera aparición de *Micula prinsii* Perch-Nielsen y el brusco incremento en la frecuencia de *Thoracosphaera* spp.

Edad: Maastrichtiense terminal.

La asociación detectada en esta zona es idéntica a la de la Zona de *Micula murus*, con la única novedad de la presencia de *M. prinsii*. Las denominadas "especies persistentes": *Braarudosphaera bigelowii*, *Markalius inversus*, *Octolithus multiplus*, *Cyclagelosphaera reinhardtii*, *Placozygus sigmoides* y *Thoracosphaera* spp., continúan siendo raras pero su presencia es más regular.

Observaciones: La Zona de *Micula prinsii* definida originalmente y de manera informal por Perch-Nielsen (1979 a) parece más fácilmente reconocible en medias y bajas latitudes, donde su presencia es muy apreciada para considerar una sección estratigráficamente continua (Perch-Nielsen et

al., 1982), que en altas latitudes donde suele ser muy rara. Este fenómeno, junto con el hecho de que *M. prinsii* frecuentemente se encuentra rota, ha llevado a algunos autores (Jiang y Gartner, 1986) a proponer como última zona del Maastrichtiense la acmé zona de *Prediscosphaera quadripunctata* (= *P. stoveri*). Esta última especie, reconocida en la sección de Bidart (también en Zumaya), es siempre rara tanto en la Zona de *M. prinsii*, como en las de *M. murus* y *L. quadratus*. En la sección de Monte Urko (Gorostidi y Lamolda, 1991; Gorostidi, 1993), de conservación más pobre que las dos citadas, *P. quadripunctata* no ha sido identificada probablemente como consecuencia de la disolución selectiva. Por tanto, no parece factible el establecimiento de esta acmé zona en nuestra región.

La definición del límite superior de la Zona de *M. prinsii*, ha recibido en la última década varias propuestas. Así, Moshkovitz (1983) propuso para el caso el primer registro de *Biantholithus sparsus*, en tanto que Romein y Smit (1981 b) sugirieron el incremento en la frecuencia de *Thoracosphaera operculata*. En una línea similar, Perch-Nielsen et al. (1982) señalaron que la aparición de *Thoracosphaera* puede ser considerado un buen marcador del límite KT en altas latitudes, mientras que en las bajas su incremento brusco sirve para el mismo propósito, dado que está registrado raramente en materiales maastrichtienses. En nuestro estudio se ha seguido esta última propuesta, ya que dicho incremento coincide con el límite litológico KT, un descenso importante del contenido total en carbonato y un brusco descenso en el porcentaje de foraminíferos planctónicos (Lamolda et al., 1983, Lamolda, 1988).

En la Región Vascoantábrica, la Zona de *M. prinsii* ha sido reconocida en las secciones de Sopolana, Zumaya y Monte Urko.

Zona de *Biantholithus sparsus* Perch-Nielsen (1971) enmend. Romein (1979)

Zona de Intervalo comprendida entre el incremento de la abundancia de *Thoracosphaera* y el primer registro de *Cruciplacolithus primus* Perch-Nielsen.

Edad: Daniense inferior.

Caracterizan esta zona tres grupos de especies:

1) Especies maastrichtienses, comunes en la parte inferior de esta zona y más raras hacia techo. De entre ellas destacan las que eran comunes en las tres zonas infrayacentes: *W. barnesae*, *P. cretacea*, *A. cymbiformis*, *M. decussata* y *C. ehrenbergii*.

2) Las denominadas especies "persistentes", que incrementan sus porcentajes bruscamente desde la base de esta zona. En la base de la zona se registra un acmé de *Thoracosphaera*, al que le sigue otro de *C. reinhardtii* y un tercero de *B. bigelowii* que se desarrolla en la parte media y alta de esta zona y en la suprayacente.

Además de éstas, también se registran otras especies persistentes como: *M. inversus*, *O. multiplus* y *P. sigmoides*, pero en proporciones mucho menores que los anteriores. La especie *Neocrepidolithus neocrasus* tiene su primer registro en esta zona, en el conjunto de materiales estudiados.

3) Finalmente, seis especies danienses hacen su aparición en esta zona: *Biantholithus sparsus*, *Braarudosphaera alta*, *B. discula*, *Cyclagelosphaera alta*, *Neocrepidolithus* sp. y *Neobiscutum parvulum*. El primer registro de este último taxón, que llega a alcanzar porcentajes del 25 % de la asociación, nos permite dividir esta zona en dos (Perch-Nielsen, 1981): Subzona de *Neobiscutum romeinii* y Subzona de *Neobiscutum parvulum*.

Resumiendo: de todos los datos señalados para esta zona destacaremos los siguientes, que pueden ser considerados bioeventos:

— Eclósión de *Thoracosphaera* spp.

— P. R. de *Biantholithus sparsus*

— P. R. de *Neobiscutum parvulum*

— P. R. de *Cruciplacolithus primus*.

Observaciones: La Zona de *B. sparsus* fue descrita originalmente por Perch-Nielsen (1971), para reemplazar la Zona de *M. astroporus* de Mohler y Hay (NP-I, Zona de *M. inversus* de Martini), utilizando el primer registro de *B. sparsus* en lugar del de *M. astroporus*, dado que éste no servía como marcador por encontrarse también en muestras del Maastrichtiense (Perch-Nielsen, 1969). Posteriormente, Romein (1979), enmendó su límite inferior caracterizándolo por la presencia masiva o el incremento en la frecuencia de *B. bigelowii* y/o *Thoracosphaera operculata*. Sin embargo, estas dos no son las únicas especies persistentes utilizadas en la literatura con este objeto; así, Jiang y Gartner (1986) utilizaron la primera presencia común de *Thoracosphaera imperforata* y *Thoracosphaera* spp. como límite inferior de la misma. En este estudio se sigue la propuesta de Perch-Nielsen et al. (1982), utilizando como marcador el incremento brusco en la abundancia de *Thoracosphaera* spp.

En la Región Vascoantábrica, la Zona de *B. sparsus* ha sido también reconocida en Monte Urko y Zumaya, aunque en éstas sólo se ha estudiado la parte basal, en tanto que en Bidart se ha reconocido toda la zona con una potencia de 1,5 m, aproximadamente.

Subzona de *Neobiscutum romeinii* Perch-Nielsen (1981)

Subzona de Intervalo comprendida entre el incremento en la abundancia de *Thoracosphaera* y el primer registro de *Neobiscutum parvulum* (Romein).

Edad: Daniense basal.

Esta subzona fue definida en la sección de El Kef, Túnez. En Bidart

está caracterizada por la presencia de abundantes taxones maastrichtienses, que constituyen entre el 88% de la asociación en la base y el 8% en la parte superior. Además, se han reconocido además de los siguientes taxones: *Thoracosphaera* spp., *Cyclagelosphaera reinhardtii* y *Braarudosphaera bigelowii*, este último en la parte superior de la subzona. Entre las especies que presentan sus primeros registros se encuentran: *B. sparsus*, *C. alta*, *B. discula*, y *B. alta*. Por el contrario, la especie *Neobiscutum romeinii*, señalada en el Kef (Perch-Nielsen, 1981), no ha sido identificada en la Región Vascoantábrica, tampoco fue reconocida en Gubbio (Perch-Nielsen *et al.*, 1982), ni en Lattengebirge (Herm *et al.*, 1981).

Esta subzona presenta en la sección de Bidart una potencia de unos 70 cm.

Subzona de *Neobiscutum parvulum* Perch-Nielsen (1981)

Subzona de Intervalo comprendida entre los primeros registros de *Neobiscutum parvulum* (Romein) y *Cruciplacolithus primus* Perch-Nielsen. Edad: Daniense inferior.

Caracterizada por la presencia de sendos acmés de *C. reinhardtii* y *B. bigelowii*, especies ya presentes en la subzona infrayacente, además de otros dos correspondientes a *B. alta* y a *N. parvulum*. Las especies características del Maastrichtiense son un componente minoritario de la asociación. En conjunto, sus porcentajes son inferiores al 10%. A excepción de *N. parvulum*, no se producen nuevos registros.

En la sección de Bidart, la Subzona de *N. parvulum* presenta una potencia de, aproximadamente, 80 cm.

Zona de *Cruciplacolithus primus* Romein (1979)

Zona de Intervalo comprendida entre los primeros registros de *Cruciplacolithus primus* Perch-Nielsen y *Prinsius dimorphosus* (Perch-Nielsen) Perch-Nielsen.

Edad: Daniense inferior.

Caracterizada por la presencia abundante de *B. bigelowii* y otra serie de especies como: *B. alta*, *O. multiplus*, *Prinsius petalosus* y *C. primus*, que son comunes, *O. multiplus* y *P. petalosus* pueden tener proporciones en torno al 20% e incluso más elevadas. Entre las especies escasas cabe citar a *B. discula*, *M. inversus*, *C. reinhardtii* y *Neorepidolithus* sp. Hay dos especies que presentan aquí su primer registro: *Prinsius petalosus* y *Neochiastozygus primitivus*. Las especies típicas del Maastrichtiense son muy raras en esta zona.

Observaciones: Perch-Nielsen (1981) dividió la Zona de *Cruciplacolithus primus* en tres subzonas: Subzona de *Chiastozygus ultimus*, Subzona de *Toweius petalosus* y Subzona de *Cruciplacolithus edwardsii*. En la sección de Bidart, las especies *C. primus* y *T. petalosus* se registran en el mismo nivel, probablemente en relación con la presencia en el Daniense de varios niveles brechoideos interestratificados, testimonio de episodios erosivos. Esto hace imposible aplicar aquellas subdivisiones al caso presente.

Su límite superior no ha sido identificado en la sección de Bidart, ya que tan sólo se ha estudiado el primer metro sobre su base. Tampoco lo fue en Sopelana, donde el registro de *C. primus* se extiende en más de 3,5 m, pero sin representantes de *P. dimorphosus* (Lamolda *et al.*, 1983).

ASPECTOS PALEOECOLÓGICOS Y BIOGEOGRÁFICOS

Los primeros estudios realizados, a este respecto, sobre el Cretácico datan de los años setenta. Worsley y Martini (1970) apuntaron la existencia de un cierto provincialismo en la distribución del nanoplancton calcáreo durante el Maastrichtiense. Esta afirmación se basaba en la distribución restringida de dos taxones: *Nephrolithus frequens*, presente en altas latitudes, de ambos hemisferios, y *Micula murus*, restringido a medias y bajas latitudes.

Thierstein (1976) señaló las diferencias entre asociaciones de nanoplancton calcáreo del Cretácico de diferentes paleolatitudes, así como de mares marginales y áreas oceánicas, p. ej.: la mayor abundancia de *Braarudosphaera bigelowii* en áreas marginales. Después, Thierstein (1981) plasmó en mapas paleobiogeográficos los patrones de distribución de una serie de nanofósiles del Maastrichtiense superior que presentan claras preferencias paleolatitudinales. Entre las especies características de asociaciones tropicales y subtropicales se encuentran: *W. barnesae*, *M. murus*, *Cylindralithus serratus* y *Retecapsa surirella*. Tres más presentan sus mayores abundancias en regiones subtropicales: *C. aculeus*, *Lithraphidites quadratus* y *Quadrum trifidum*. Por el contrario, los nanofósiles *Vagalapilla*

aachena, *R. anthophorus*, *L. cayeuxii*, *B. constans*, *A. cymbiformis*, *N. frequens*, *K. magnificus*, *Garnerago obliquum*, *A. octoradiata*, *Misceomarginatus pleniporus*, *Prediscosphaera spinosa* y *E. turriseiffelii* son más abundantes en áreas boreales y australes. Sin embargo, las especies *B. constans*, *K. magnificus*, *G. obliquum* y *E. turriseiffelii* muestran incrementos adicionales en paleolatitudes tropicales.

Wind (1979) detectó una relación inversa en la abundancia de *M. decussata* respecto a la de *Watznaueria barnesae* y *Cyclagelosphaera margereli* en asociaciones del Campaniense superior al Maastrichtiense medio. *Watznaueria* y *Cyclagelosphaera* son más abundantes en bajas y medias latitudes, en tanto que *M. decussata* lo es en latitudes altas. También el género *Biscutum* suministra otros índices importantes; así, mientras la especie *B. constans* es abundante en las asociaciones de medias y bajas latitudes, las especies *B. magnum* y *B. coronum* lo son en altas latitudes.

Doeven (1983) analizó las asociaciones de nanofósiles de edades Campaniense a Maastrichtiense del margen atlántico del Canadá, confirmando con los valores del cociente *Micula* spp. (*M. decussata* + *M. concava*)/*W. barnesae* + *C. margereli* la hipótesis de Wind sobre el valor paleolatitudinal (temperatura) de dicho índice.

MAASTRICHTIENSE

Durante la mayor parte del Cretácico las diferencias entre las asociaciones de bajas y altas latitudes fueron mínimas. Fue en el Cretácico terminal cuando se incrementó el gradiente de temperaturas, entre bajas y altas latitudes, responsable del provincialismo evidenciado por Worsley y Martini (1970).

La presencia en Bidart (también en otras localidades de la región) de una asociación dominada por *Micula decussata* y *Watznaueria barnesae*, en la que se reconocen regularmente taxones como *Ceratolithoides aculeus* y *Retecapsa surirella*, permite calificarla como característica de medias o bajas latitudes, de acuerdo con Thierstein (1981). Además, la presencia de las especies *Lithraphidites quadratus*, *Micula murus* y *Micula prinsii*, refuerza dicha idea, ya que las tres se encuentran entre los taxones con preferencias por aguas templadas o cálidas (Worsley y Martini, 1970; Thierstein, 1981; Perch-Nielsen *et al.*, 1982). Por el contrario, no ha sido identificada especie alguna de las reseñadas, más arriba, como propias de altas latitudes.

Es decir, tanto los criterios positivos (presencia), como los negativos (ausencia), señalan que la asociación identificada en el Maastrichtiense es característica de bajas o medias latitudes y típica de la provincia del Tethys.

En la distribución de las distintas especies en la sección de Bidart (también en las de Zumaya y Monte Urko) se han detectado algunos máximos en la abundancia, ciertas correspondencias entre especies, que comentaremos brevemente.

Relación *Micula* spp./*Watznaueria barnesae*

En el trabajo referido de Wind (1979) se evidenciaba el interés de la relación *Micula* spp./*W. barnesae* + *C. margereli* para diferenciar asociaciones de bajas, medias y altas latitudes. En el presente estudio tanto *Micula* spp. (*M. decussata* + *M. concava*) como *W. barnesae* (*C. margereli* no ha sido identificada) son nanofósiles comunes, cuyas curvas de abundancia (Fig. 5) presentan, al menos en ocasiones, trazados complementarios (más evidentes en Zumaya). En cuanto a la proporción entre estos taxones, utilizada por Wind (1979) para diferenciar masas de agua, varía a lo largo de la columna tomando sus valores más elevados en el Maastrichtiense terminal. Dado el estado de conservación (moderado a pobre) de las asociaciones en dichas secciones, las proporciones de *Micula* spp./*W. barnesae* deben estar modificadas con respecto a las origina-

les, de hecho hay diferencias entre las de ambas secciones. El Maastrichtiense terminal presenta, en Bidart y Zumaya, un suave incremento en la proporción de *Micula* spp./*W. barnesae* aumentando desde valores en torno al 0,5 en el Maastrichtiense superior a cifras en torno a 1,5 (Fig. 7). Estos incrementos se producen en los tres metros superiores de la sección de Bidart y en los seis metros superiores de la sección de Zumaya, en ambas con medias de 1, para disminuir nuevamente en los centímetros finales.

El efecto de la disolución sobre los nanofósiles no parece haber alterado la proporción *Micula* spp./*W. barnesae*, ya que la tendencia es similar, a pesar de los diferentes grados de conservación (incluida la sección de Monte Urko; Gorostidi, 1993). Por otra parte, tampoco el estado de conservación en la parte superior cretácica de las columnas es notoriamente más pobre que en el resto de las muestras, como se induce tanto de la observación individualizada de los nanofósiles como de la riqueza específica (Fig. 7), similar a la del resto de las muestras en cada columna. Por tanto, desechada la preservación como responsable de las diferencias en la razón *Micula* spp./*W. barnesae* y si admitimos como válida la hipótesis de Wind (1979), el incremento en los valores de la razón *Micula* spp./*W. barnesae* nos estaría indicando que durante el Maastrichtiense terminal se produjo un ligero enfriamiento de las aguas, lo cual estaría en conformidad con el deterioro climático (enfriamiento) que, según Worsley (1974), tuvo lugar justo antes de que se produjera el evento KT.

Placozygus fibuliformis

Esta especie, con porcentajes medios del 6%, presenta un

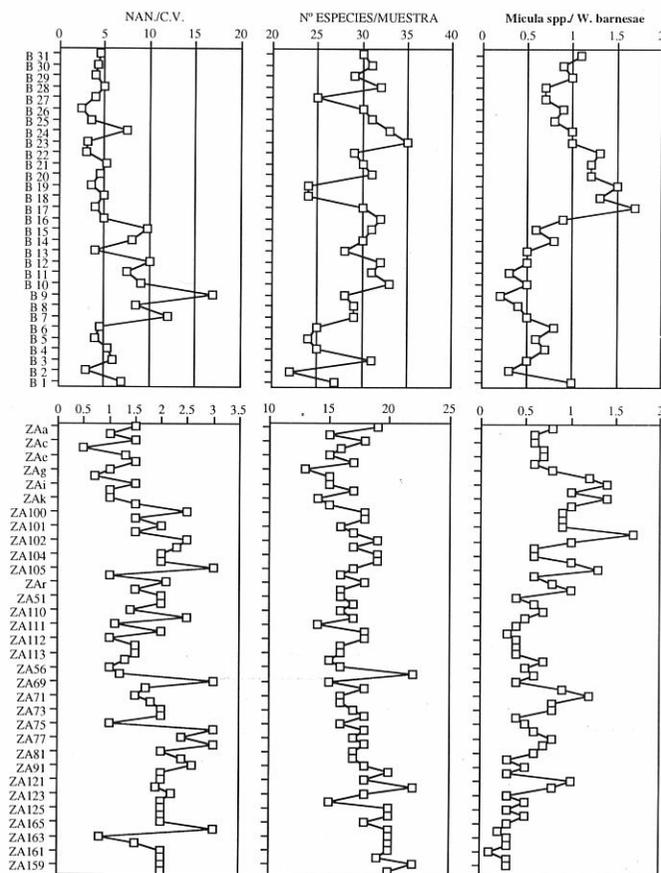


Figura 7. Variaciones de la relación *Micula* spp./*W. barnesae*, n.º de especies por muestra y abundancias absolutas (Nan./C.V.), en la parte maastrichtiense, de las secciones de Bidart (B) y Zumaya (ZA) (no guardan escala).

máximo de abundancia, con proporciones del 19% (muestra B 9), en niveles pertenecientes a la unidad 12 de Wiedmann (1988) y niveles equivalentes en las secciones de Zumaya y Monte Urko (Fig. 8).

No conocemos referencias concretas sobre los significados de estas variaciones, salvo la sugerencia de Roth (1981) sobre las proporciones importantes de *Zygodiscus* spp. (*Zygodiscus spiralis* = *P. fibuliformis*) como indicadores de productividades altas. En este estudio las abundancias relativas de *P. fibuliformis* se correlacionan positivamente con las abundancias de nanolitos ($r = 0,73$; $p < 0,0001$), lo que apoyaría la hipótesis de Roth; para el caso, una disminución de la productividad durante el Maastrichtiense terminal.

Entre otras posibles causas se ha de descartar la proximidad de costas dada la escasez de índices como *Broinsonia*, *Nannoconus*, *Braarudosphaera*, etc., en las mismas muestras. No obstante, hay un cierto control tafonómico, ya que las proporciones de *P. fibuliformis* se correlacionan negativamente con las de *Micula* spp. ($r = -0,64$; $p < 0,005$), por lo que *P. fibuliformis* debe ser una especie menos resistente, observación que está de acuerdo con la de Thierstein (1981).

Otros taxones con comportamientos parecidos son *Chiasiozygus* spp. y *Microrhabdulus attenuatus*, con sendos máximos en las unidades 9 (parte superior, muestra ZA 126; 11%) y 7 (muestra ZA 162; 7%), respectivamente (Fig. 8). Si sus fuertes disminuciones al final del Maastrichtiense fueron o no debidas a una disminución de la productividad es una posibilidad abierta. Alternativamente, la sucesión de máximos en el Maastrichtiense superior de las especies *M. attenuatus* (unidad 7, de Wiedmann, *op. cit.*), *Chiasiozygus* spp. (unidad 9) y *P. fibuliformis* (unidad 12), podrían responder a simples relevos ecológicos en la región.

DANIENSE INFERIOR

Las asociaciones típicas de nanoflora calcárea del Daniense basal están dominadas por las especies "persistentes", con varias eclosiones de rápida sucesión y un declive en las proporciones de las especies cretácicas. En general, las especies "persistentes", a excepción de *Braarudosphaera bigelowii* y *Thoracosphaera* spp., son más abundantes en el Daniense basal de medias y altas latitudes que en el de bajas (Perch-Nielsen *et al.*, 1982). Mientras en latitudes medias y altas el Daniense basal se caracteriza por presentar eclosiones de las especies *Cyclagelosphaera reinhardtii*, *Placozygus sigmoides*, *Markalius inversus*, *Biscutum castrorum*, etc., en bajas latitudes ese lugar lo ocupan taxones de nueva aparición: *Neobiscutum romeinii*, *N. parvulum* o *Prinsius petalosus*. Estos nuevos taxones de talla pequeña parecen restringidos a bajas latitudes, donde suelen presentar acmés de corta duración para ser posteriormente reemplazados por otros (Hallam y Perch-Nielsen, 1990).

La presencia de las especies persistentes, como el componente principal de la asociación de nanofósiles calcáreos en el Daniense basal, puede interpretarse según Thierstein (1981) como una consecuencia de su tolerancia mayor frente a salinidades más bajas, a descensos de la temperatura o a niveles inferiores de luminosidad. El Daniense de Bidart (en general de la región) presenta justo en su base un acmé de *Thoracosphaera*, al que le siguen los de *Cyclagelosphaera reinhardtii* y *Braarudosphaera bigelowii*, ambas presentes en proporciones elevadas en la parte basal del Paleoceno.

Perch-Nielsen *et al.* (1982), basándose en datos de Bidart y otras secciones, señalaron las influencias de los cambios de temperatura (de acuerdo con los valores de $\delta^{18}O$) según la posición paleogeográfica de cada una de ellas; por ejemplo, en Bidart una influencia más temprana de aguas frías durante el Daniense basal. Pero esto no llegó a cambiar sustancialmente las asociaciones que, con la presencia de *Neobiscutum parvu-*

lum y *Prinsius petalonus* en proporciones elevadas (máximos del 28 y 31 %, respectivamente; Fig. 4) y su preferencia por bajas latitudes (Perch-Nielsen, en Perch-Nielsen *et al.*, 1982) permiten pensar en unas condiciones subtropicales para el Daniense de esta región, similares a las que reinaron en el Maastrichtiense.

EL LÍMITE KT

El tránsito Maastrichtiense-Daniense en la Región Vasco-cantábrica presenta una asociación característica de medias y bajas latitudes y más concretamente de la provincia del Tethys, tal como inducimos por la presencia de taxones como *L. quadratus* y *M. prinsii* en el Maastrichtiense, las eclosiones de *Thoracosphaera* y *Braarudosphaera* y la presencia de *N. parvulum* y *P. petalonus* en el Daniense basal.

No obstante, las asociaciones maastrichtienses y danienses son radicalmente diferentes. El Maastrichtiense, en la sección de Bidart (en general en la región), está caracterizado por una rica asociación de nanofósiles calcáreos y presenta varios máximos de abundancia de diferentes taxones. El más indicativo es el de *Micula* spp., con el aumento en la proporción de *Micula* spp./*W. barnesae* registrado en el Maastrichtiense terminal, que parece responder a un influjo de aguas frías (ver más arriba).

La riqueza específica de la nanoflora maastrichtiense fue la más elevada de toda la historia geológica (Haq, 1973), sufriendo una pérdida del 85 % de las especies durante o poco después del paso KT (Hallam y Perch-Nielsen, 1990). Así, en la sección de Bidart, en la parte superior de la Zona de *B. sparsus*, más de la mitad de las especies maastrichtienses no tienen registro (Fig. 3). Aunque numerosas especies características del Maastrichtiense están presentes también en los primeros centímetros del Daniense, sus abundancias absolutas descienden fuertemente (Fig. 9). Si dichos taxones sobrevivieron a las condiciones ambientales, que dieron lugar a tan elevada mortandad, o si, por el contrario, son especímenes resedimentados, es todavía una cuestión abierta. Aunque son

muchos los especialistas que apoyan la segunda teoría, o sea, que dichas especies se extinguieron y su presencia en el Daniense basal fue consecuencia de la bioturbación o de fenómenos de resedimentación, hay otros que piensan lo contrario. Perch-Nielsen *et al.* (1982) aportaron datos sobre la supervivencia de taxones cretácicos con el estudio de la proporción de los isótopos ¹³C y ¹⁸O en la fracción fina de las muestras maastrichtienses y danienses, de varias secciones completas del límite KT, demostrando que justo debajo y encima del límite presentaban valores diferentes. Mientras la asociación maastrichtiense está formada por un 100 % de nanofósiles del Cretácico, en las muestras del Daniense basal hay hasta un 90 % de representantes cretácicos, por lo que es difícil explicar cómo dan una señal característica del Daniense esos nanofósiles que están supuestamente resedimentados.

La desaparición de la asociación del Maastrichtiense es brusca y el reemplazo por nuevos taxones en el Paleoceno rápido (Fig. 10). Ambos grupos de taxones tuvieron un puente de unión representado por más de una docena de especies que estando ya presentes en el Maastrichtiense, algunas como *Braarudosphaera bigelowii* desde el Berriasiense inferior, sobrevivieron a los eventos que dieron lugar al colapso final e incluso se registran en el Daniense en proporciones mucho más elevadas, presentando algunas de ellas eclosiones. Entre estos taxones se encuentran *Thoracosphaera* y *Braarudosphaera bigelowii*, ambas consideradas especies oportunistas y, por tanto, capaces de florecer en condiciones extremas. En estas mismas condiciones surgen en bajas latitudes los primeros representantes del Terciario, pertenecientes a los géneros *Neobiscutum* (*N. parvulum*), *Prinsius* (*P. petalonus*) y *Braarudosphaera* (*B. alta*) capaces de presentar además (Fig. 4) al igual que las especies persistentes.

Esta sucesión de eclosiones del Daniense basal son sólo un testimonio más de las condiciones particulares reinantes durante el Daniense basal. A estas características de ecosistema pionero se añaden, en el mismo sentido, la menor abundancia de nanofósiles ligada a una menor productividad primaria. En la sección de Bidart es muy patente la tendencia a disminuir la abundancia absoluta de nanofósiles (Fig. 9) desde

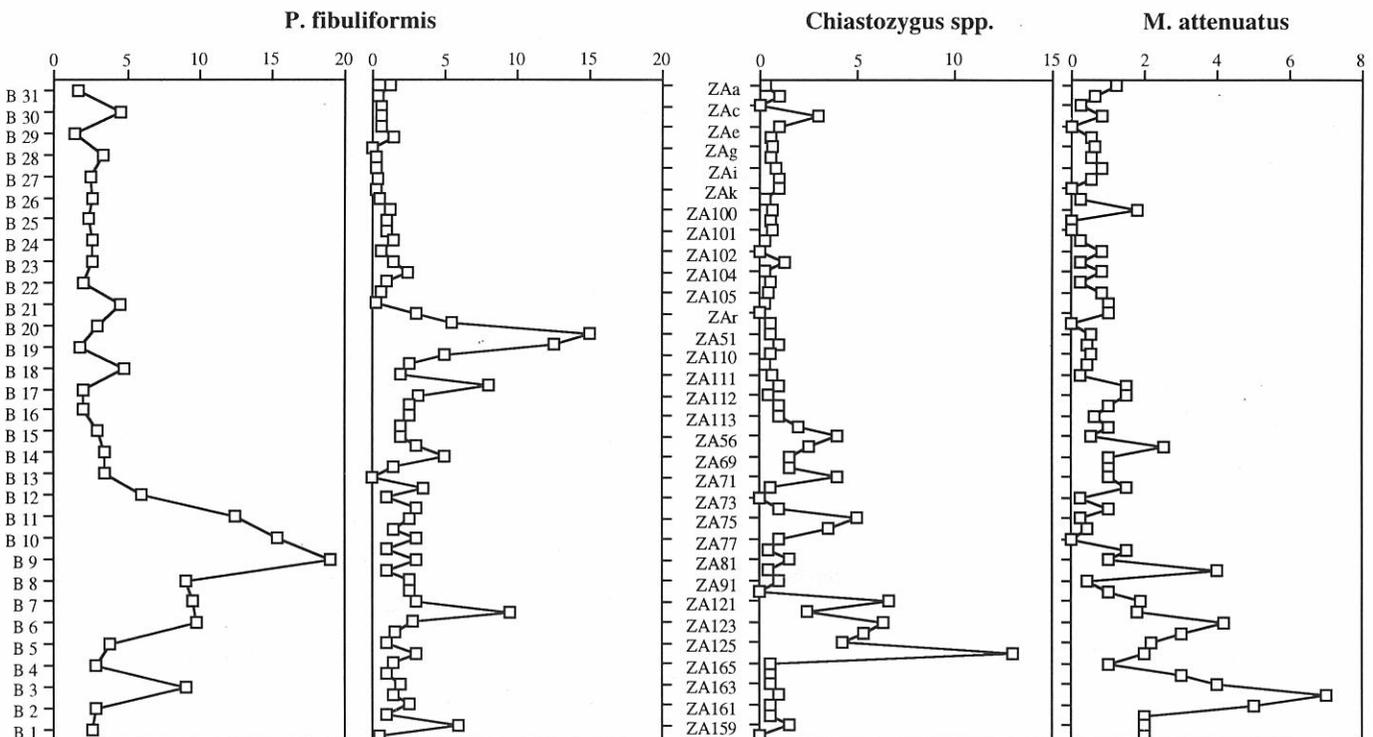


Figura 8. Porcentajes de *Placozygus fibuliformis*, en las secciones de Bidart (B) y Zumaya (ZA), y de *Chiastozygus* spp. y *Microrhabdulus attenuatus*, en la sección de Zumaya.

los 10 Nan./C.V. en el Maastrichtiense superior a 4 Nan./C.V. en los últimos 3 metros, bajo el límite KT, y finalmente a 1 Nan./C.V. en el Daniense basal (en Zumaya se guarda la misma tendencia, aunque con valores más pequeños: 2, 1 y 0,5 Nan./C.V., respectivamente; Lamolda y Gorostidi, 1994). Los diferentes valores entre Zumaya y Bidart vienen dados por el diferente grado de conservación en ambas secciones (mejor en Bidart). La variación en la abundancia absoluta de los nanofósiles puede tomarse como un índice de la productividad primaria, aunque sabemos que la asociación fue modificada por los procesos diagenéticos, perdiéndose los elementos menos resistentes. Pero estas modificaciones no son correlacionables con la abundancia observada, pues son los terrenos danienses (mejor conservados) los que tienen un menor número de nanofósiles en términos absolutos; debe ser entonces la productividad el factor principal. Análogamente, en el Maastrichtiense terminal, con una conservación similar o mejor que el resto del Maastrichtiense, el decrecimiento del número de nanofósiles ha de deberse, principalmente, a un descenso en la producción de nanoflora.

A la asociación descrita se le van sumando especies ter-

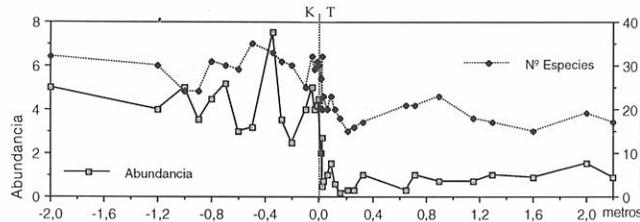


Figura 9. Abundancia absoluta (Nan./C.V.) y n.º de especies por muestra en el tránsito KT de la sección de Bidart.

ciarias de los géneros *Cruciplacolithus*, *Neochiastozygus*, *Chiasmolithus*, etc. En general, los primeros representantes de estos géneros son de talla pequeña, de 2 a 4 μm . En la Fig. 10 se han representado los porcentajes de las especies maastrichtienses, paleocenas y persistentes, desde dos metros bajo el límite KT hasta dos metros sobre el mismo, en la sección de Bidart; en ella quedan bien reflejadas las características de conjunto de la nanoflora calcárea y sus variaciones.

CONCLUSIONES

El límite Maastrichtiense-Daniense puede ser identificado por un incremento brusco en la abundancia absoluta del género *Thoracosphaera*, como ocurre en otras localidades de bajas latitudes.

El registro de *Neobiscutum parvulum* en el Daniense basal nos permite subdividir la Zona de *Biantholithus sparsus* en las subzonas de *N. romeinii* y de *N. parvulum*, como en la sección de El Kef.

El último bioevento reconocido es el primer registro de *Cruciplacolithus primus* que marca el límite inferior de la zona homónima.

El tránsito Cretácico/Terciario presenta en Bidart una asociación característica de bajas latitudes y más concretamente de la provincia del Tethys, con la presencia de *L. quadratus*, *M. prinsii*, *N. parvulum* y *P. petalopus*, junto con las eclosiones de *Thoracosphaera* spp. y *Braarudosphaera bigelowii*.

Las variaciones detectadas en la proporción de *Micula* spp./ *W. barnesae* (incremento desde valores medios de 0,5 en el Maastrichtiense superior a 1 en el Maastrichtiense terminal), se interpretan como un ligero enfriamiento de las aguas antes del límite KT.

Se induce una disminución en la producción de nano-

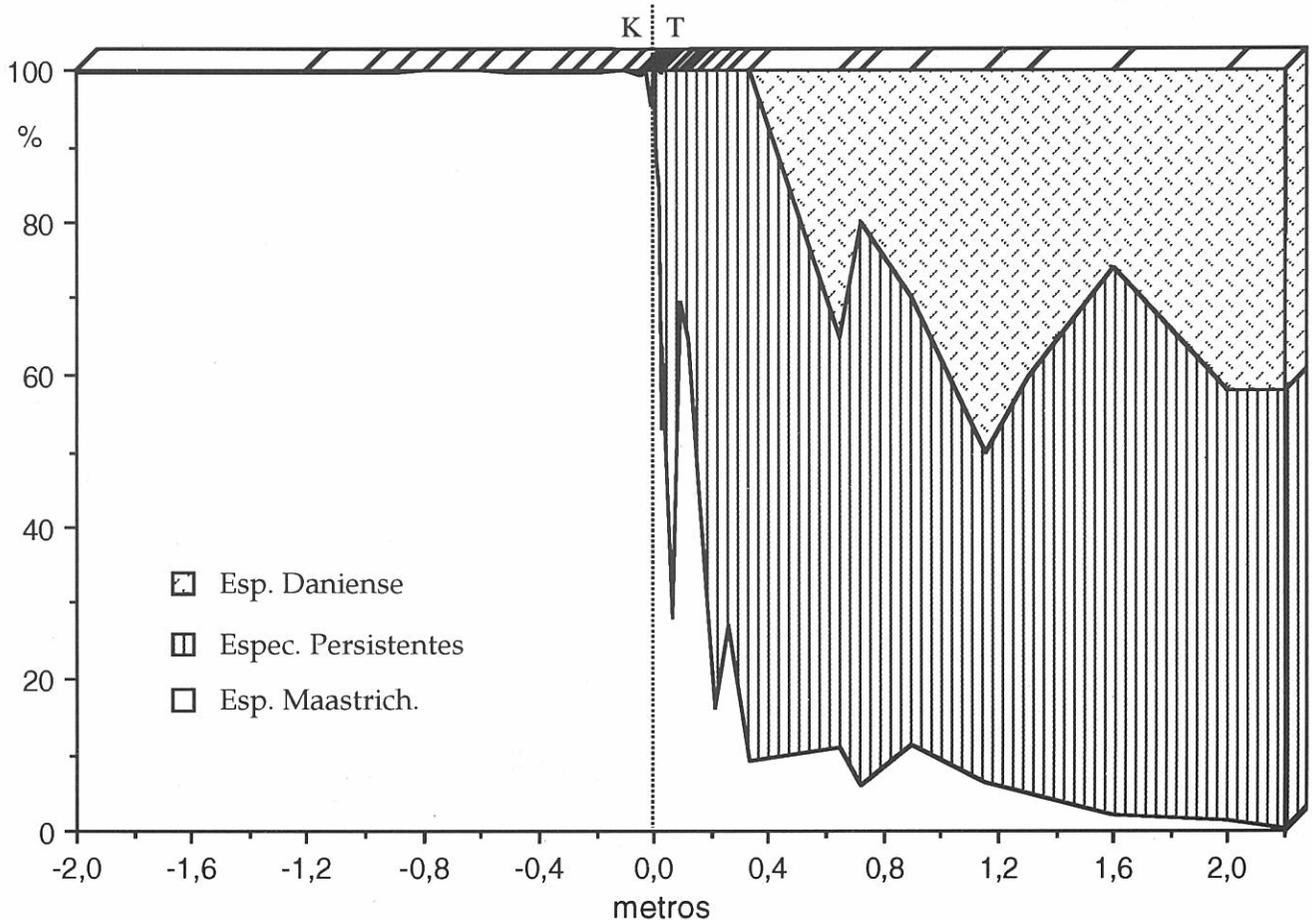


Figura 10. Proporciones de los nanofósiles cretácicos, "persistentes" y terciarios en el tránsito KT de la sección de Bidart.

flora en relación con su menor abundancia absoluta durante el Maastrichtiense superior y más marcada en el paso al Daniense. A este respecto, las variaciones en la abundancia de *P. fibuliformis*, *Chiastozygus* spp. y *M. attenuatus*, con sendos declives en el Maastrichtiense terminal, podrían estar también relacionados con una menor productividad.

El aumento de *Thoracosphaera* y otras especies, en eclo-siones sucesivas durante el Daniense inferior, caracterizan un ecosistema pionero. Los inicios de un nuevo ecosistema vienen dados por la aparición de especies terciarias, en la Zona de *C. primus*, y sus incrementos, sustituyendo a especies persistentes y cretácicas.

AGRADECIMIENTOS

La lectura crítica de los Dres. J. M. González Donoso y J. A. Flores Villarejo ha enriquecido el presente trabajo, aunque la responsabilidad de las opiniones expresadas es de los autores. Este trabajo es una contribución al proyecto n.º 335 del Programa Internacional de Correlación Geológica (P.I.C.G./I.G.C.P.; IUGS-UNESCO).

BIBLIOGRAFÍA

Bonté, Ph., Delacotte, O., Renard, M., Laj, C., Boclet, D., Jehanno, C. and Rocchia, R. 1984. An Iridium rich layer at the Cretaceous/Tertiary boundary in the Bidart section (Southern France). *Geophysical Research Letters*, **11**, 473-476.

Bukry, D. 1973. Low-latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Initial Reports Deep Sea drilling Project*, **15**, 685-703.

Bukry, D. and Bramlette, M. N. 1970. Coccolith age determination Leg 3, Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports Deep Sea drilling Project*, **3**, 589-611.

Burnett, J. A., Kennedy, W. J. and Ward, P. D. 1992. Maastrichtian nanofossil biostratigraphy in the Biscay Region (South-Western France, Northern Spain). *Newsletters on Stratigraphy*, **26**, 145-155.

Cěpek, P. 1981. Mesozoic calcareous nannoplankton stratigraphy of the central north Pacific (Mid-Pacific Mountains and Hess Rise), Deep Sea Drilling Project Leg 62. *Initial Reports Deep Sea drilling Project*, **62**, 397-418.

Cěpek, P. and Hay, W. W. 1969. Calcareous nannoplankton and biostratigraphic subdivision of the Upper Cretaceous. *Transactions Gulf Coast Association geological Societies*, **19**, 323-316.

Clauser, S. 1987. Evolution de la composition isotopique de l'oxigene des carbonatés durant le Campanien-Maastrichtien: données préliminaires de la serie de Bidart (Pyrénées-Atlantiques). *Comptes Rendues Académie des Sciences Paris (2)*, **304**, 579-584.

Delacotte, O. 1982. *Etude magnétostratigraphique et géochimique de la limite Crétacé-Tertiaire de la coupe de Bidart (Pyrénées Atlantiques)*. Thèse 3^{ème} Cycle, Université Pierre et Marie Curie. Paris. Inédita.

Delacotte, O., Renard, M., Laj, C., Perch-Nielsen, K., Premoli-Silva, I. et Clauser, S. 1985. Magnétostratigraphie et biostratigraphie du passage Crétacé-Tertiaire de la coupe de Bidart (Pyrénées Atlantiques). *Géologie de la France*, **3**, 243-254.

Dennison, J. M. and Hay, W. W. 1967. Estimating the needed sampling area for subaquatic ecologic studies. *Journal of Paleontology*, **41**, 706-708.

Doeven, P. H. 1983. Cretaceous Nannofossil stratigraphy and paleoecology of the Canadian Atlantic Margin. *Bulletin Geological Survey of Canada*, **356**, 1-70.

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. Inédita.

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 Vascoantábrica. *Comunicaciones de la Reunión de Tafonomía y Fossilización* (S. Fernández López, Coord.) Universidad Complutense de Madrid, 145-150.

Gorostidi, A. 1993. *Nanofósiles calcáreos y eventos del Cretácico Medio-Superior de la Región Vascoantábrica*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco. Inédita.

Gorostidi, A. y Lamolda, M.A. 1991. Variaciones de la nanoflora calcárea en el paso Cretácico-Terciario de Monte Urko (N de España). *Revista Española de Paleontología*, **6**, 89-97.

Hallam, A. and Perch-Nielsen, K. 1990. The biotic record of events in the marine realm at the end of the Cretaceous: calcareous, siliceous and organic-walled microfossils and macroinvertebrates. *Tectonophysics*, **171**, 347-357.

Haq, B. U. 1973. Transgressions, climatic change and diversity of calcareous nannoplankton. *Marine Geology*, **15**, M 25-M 30.

Hay, W. W., Mohler, H. P., Roth, P.H., Schmidt R. R. and Boudreaux, J. E. 1967. Calcareous nannoplankton zonation of the Cenozoic of the Gulf Coast and Caribbean-Antillean area, and transoceanic correlations. *Transactions Gulf Coast Association Geological Societies*, **17**, 428-480.

Herm, D., Hillebrandt, A. von and Perch-Nielsen, K. 1981. Die Kreide/Tertiär-Grenze im Lattengebirge (Nördliche Kalkalpen) in mikropaläontologischer Sicht. *Geologica Bavarica*, **82**, 319-344.

Hsu, K. J., McKenzie, J. A. and He, Q. X. 1982. Terminal Cretaceous environmental and evolutionary changes. In: *Geological implications of Impacts of Large Asteroids and Comets on the Earth* (L. T. Silver and P. H. Schultz, eds.). *The Geological Society of America, sp. paper*, **190**, 317-328.

Jiang, M. J. and Gartner, S. 1986. Calcareous nannofossil succession across the Cretaceous/Tertiary boundary in east-central Texas. *Micro-paleontology*, **32**, 232-255.

Lamolda, M. A. 1988. The Cretaceous-Tertiary Boundary Biotic Crisis in the Basque Country. *Abstract, Global Catastrophes in Earth History: An Interdisciplinary Conference on Impact, Volcanism and Mass Mortality*. Snowbird, Utah, 102-103.

Lamolda, M. A. and Gorostidi, A. 1992. Nannofossil stratigraphic record in Upper Maastrichtian-lowermost Danian at Zumaya. *Memorie di Scienze Geologiche*, **XLIII**, 149-161.

Lamolda, M. A. y Gorostidi, A. 1994. Nanoflora y acontecimientos del tránsito Cretácico-Terciario. Una visión desde la Región Vascoantábrica. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, **7**, 45-58.

Lamolda, M. A., Gorostidi, A. and Paul, C. R. C. 1994. Quantitative estimates of calcareous nannofossil changes across the Plenus Marls (latest Cenomanian), Dover, England: implications for the generation of the Cenomanian-Turonian Boundary Event. *Cretaceous Research*, **15**, 143-164.

Lamolda, M. A., Orue-Etxebarria, X. and Proto-Decima, F. 1983. The Cretaceous-Tertiary boundary in Sopelana (Biscay, Basque Country). *Zitteliana*, **10**, 663-670.

Manivit, H. 1989. Les données de la nanoflore de la coupe de Bidart. *Abstracts, 1st Meeting W.G. 2-Pelagic Facies. IGCP Project 262 "Tethyan Cretaceous Correlation"*. Urbino, 66-83.

Martini, E. 1961. Nannoplankton aus dem Tertiär und der obersten Kreide von SW-Frankreich. *Senckenbergiana Lethaea*, **42**, 1-32.

Martini, E. 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: *Proceedings II Planktonic Conference* (A. Farinacci, Ed.), **2**, 739-785. Edizioni Tecnoscienza. Roma.

Martini, E. 1976. Cretaceous to Recent calcareous nannoplankton from the Central Pacific Ocean (DSDP Leg 33). *Initial Reports Deep Sea drilling Project*, **33**, 383-423.

Mathey, B. 1987. Les Flyschs Crétacé Supérieur des Pyrénées Basques. *Mémoires Géologiques de l'Université de Dijon*, **12**, 1-402.

Moshkovitz, S. 1983. Late Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy of the Mount Scopus Group, Israel. *Geological Survey of Israel, Current Research*, 46-55.

Perch-Melsen, K. 1969. Die Coccolithen einiger dänischer Maastrichtien- und Danienlokalitäten. *Bulletin geological Society of Denmark*, **19**, 51-68.

Perch-Nielsen, K. 1971. Neue Coccolithen aus dem Paleozän von Danmark, der Butch von Biskaya und dem Eozän der Labrador See. *Bulletin geological Society of Denmark*, **21**, 51-66.

Perch-Nielsen, K. 1972. Remarks on Late Cretaceous to Pleistocene coccoliths from the North Atlantic. *Initial Reports Deep Sea drilling Project*, **12**, 1003-1069.

Perch-Nielsen, K. 1979a. Calcareous nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. *IUGS Series A*, **6**, 223-272.

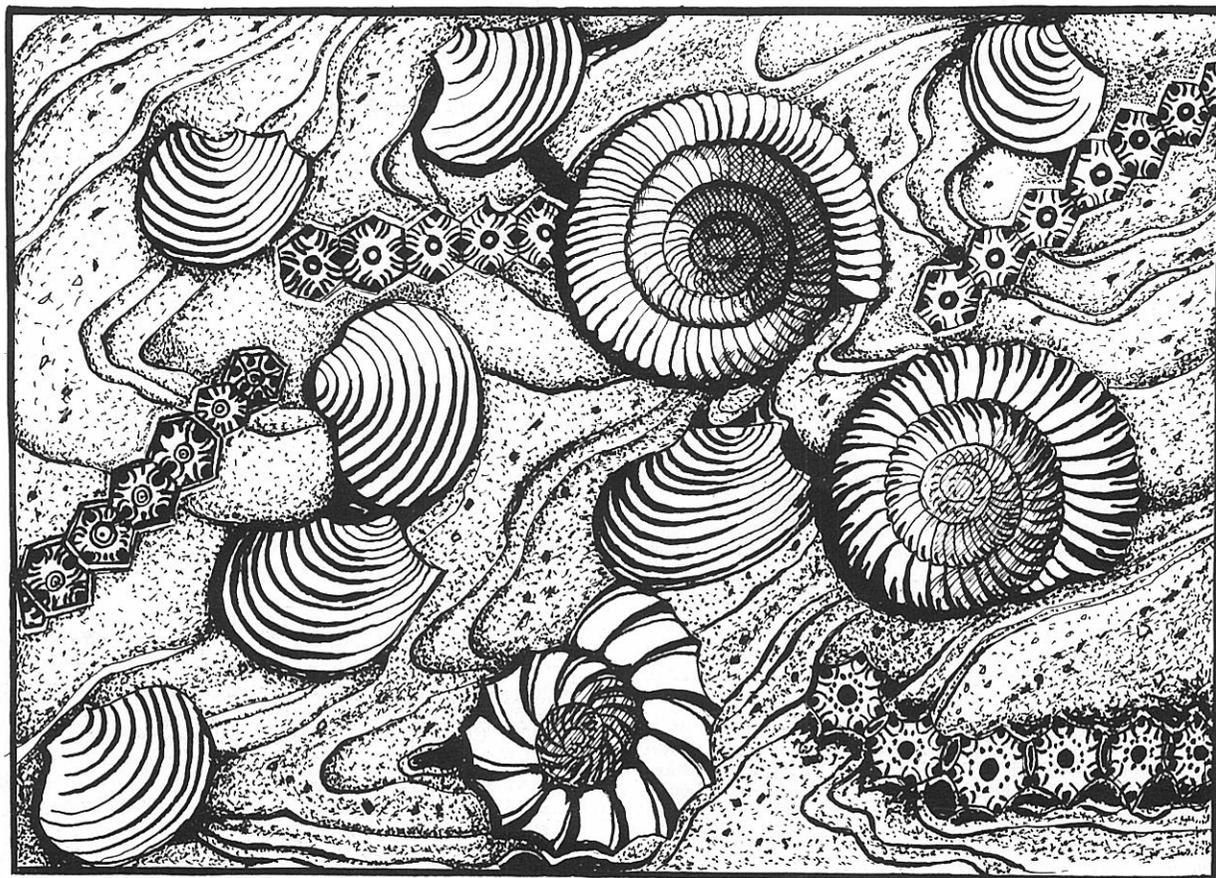
Perch-Nielsen, K. 1979b. Calcareous nannofossil at the Cretaceous-Tertiary boundary near Biarritz, France. In: *Cretaceous/Tertiary Boundary Events* (W. K. Christensen and T. Birkelund, eds.). University of Copenhagen, 151-155.

Perch-Nielsen, K. 1981. Nouvelles observations sur les nannofossiles calcaires à la limite Crétacé-Tertiaire près de El Kef (Tunisie). *Cahiers de Micropaleontologie* (1981) **3**, 25-36.

Perch-Nielsen, K., McKenzie, J. and 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 and P. H. Schultz). *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.
- Renard, M., Delacotte, O. et Letolle, R. 1982. Le strontium et les isotopes stables dans les carbonates totaux de quelques sites de l'Atlantique et de la Téthys. *Bulletin Société géologique France*, XXIV, 519-534.
- Romein, A. J. T. 1979. Lineages in early Paleogene calcareous nannoplankton. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, 22, 1-231.
- Romein, A. J. T. and Smit, J. 1981a. Carbon-Oxygen stable isotope stratigraphy of the Cretaceous-Tertiary boundary interval; data from the Biarritz section (SW France). *Geologie en Mijnbouw*, 60, 541-544.
- Romein, A. J. T. and Smit, J. 1981b. The Cretaceous/Tertiary boundary: calcareous nannofossils and stable isotopes. *Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie Wetenschappen*, B, 84 (3), 295-314.
- Roth, P. H. 1973. Calcareous nannofossils-Leg 17, DSDP. *Initial Reports Deep Sea drilling Project*, 17, 695-793.
- Roth, P. H. 1978. Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the Northwestern Atlantic Ocean. *Initial Reports Deep Sea drilling Project*, 44, 731-759.
- Roth, P. H. 1981. Mid-Cretaceous calcareous nannoplankton from the central Pacific: Implications for paleoceanography. *Initial Reports Deep Sea drilling Project*, 62, 471-489.
- 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.
- Seyve, C. 1990. Nannofossil biostratigraphy of the Cretaceous/Tertiary boundary in the French Basque Country. *Bulletin Centres Recherche Exploration-Production Elf-Aquitaine*, 14, 553-572.
- 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 nannofossils: experimental evidence. *Cretaceous Research*, 2, 165-176.
- Thierstein, H. R. 1981. Late Cretaceous nannoplankton and the change at the Cretaceous/Tertiary boundary. In: *The Deep Sea Drilling Project: a decade of progress* (J. E. Warme, R. G. Douglas and E. L. Winterer, eds.). *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Sp. publ.*, 32, 355-394.
- Tsizaraina, E. 1984. *Etude micropaléontologique du passage Crétacé-Tertiaire de la coupe de Bidart (sud de Biarritz)*. These 3^{ème} cycle. Université Paris. Inédita.
- 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.
- Ward, P. and Kennedy, W. J. 1993. Maastrichtian Ammonites from the Biscay Region (France, Spain). *Journal of Paleontology*, mem. 34.
- Wiedmann, J. 1988. Ammonoid extinction and the "Cretaceous-Tertiary boundary Event". In: *Cephalopods-Present and Past* (J. Wiedmann and J. Kullmann, eds.) Schweizerbart, Stuttgart, 117-140.
- Wind, F. H. 1979. Maastrichtian-Campanian nannofloral provinces of the Southern Atlantic and Indian Oceans; In: *Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean Continental Margins and Paleoenvironment*. (M. Talwani et al., Eds.). American Geophysical Union, H. Ewing Series, 3, 123-137.
- Worsley, T. 1974. The Cretaceous-Tertiary boundary event in the ocean. In: *Studies in paleoceanography* (W. W. Hay, Ed.). *Society Economic Paleontologists Mineralogists, Sp. Publ.* 20, 94-175.
- Worsley, T. and Martini, E. 1970. Late Maastrichtian Nannoplankton Provinces. *Nature*, 225, 1242-1243.

Manuscrito recibido: 6 de octubre, 1994
Manuscrito aceptado: 28 de febrero, 1995



Calizas "turbidíticas" del Bajociense - Bathoniense de Mallorca.

C. Colacu