

Bioestratigrafía y cronoestratigrafía con foraminíferos planctónicos del Campaniense superior y Maastrichtiense de latitudes templadas y subtropicales (España, Francia y Tunicia)

Late Campanian and Maastrichtian biostratigraphy and chronostratigraphy based on planktic foraminifera in temperate and subtropical latitudes (Spain, France and Tunisia)

José Antonio Arz, Zaragoza y Eustoquio Molina, Zaragoza

With 7 figures

ARZ, J. A. & MOLINA, E. (2002): Bioestratigrafía y cronoestratigrafía con foraminíferos planctónicos del Campaniense superior y Maastrichtiense de latitudes templadas y subtropicales (España, Francia y Tunicia). [Late Campanian and Maastrichtian biostratigraphy and chronostratigraphy based on planktic foraminifera in temperate and subtropical latitudes (Spain, France and Tunisia).] – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **224**: 161–195; Stuttgart.

Abstract: The detailed planktic foraminiferal biostratigraphic study from the upper Campanian to the Cretaceous/Tertiary boundary in Spanish, French and Tunisian sections allows us to establish a subzonation of the biozonation of CARON (1985). We identified a total of 13 subzones: *Globotruncanita calcarata*, *Globotruncanella havanensis*, *Gublerina acuta*, *Globotruncana aegyptiaca*, *Rugoglobigerina hexacamerata*, *Contusotruncana plicata*, *Rugoglobigerina rotundata*, *Rugoglobigerina scotti*, *Planoglobulina acervulinoides*, *Racemiguembelina fructicosa*, *Abathomphalus mayaroensis*, *Pseudoguembelina hariaensis* and *P. hantkeninoides* subzones. These subzones can be recognized in the three studied areas (Pyrenees, Betic Cordillera, and Tunisian Atlas), except the *P. hantkeninoides* Subzone due to the lack of this species in the Pyrenean basin. Recently, the Maastrichtian Working Group has

proposed to the International Commission of Stratigraphy to place the Campanian/Maastrichtian (C/M) boundary at the 115.20 m level of the platform IV at the Tercis-les-Bains section (Landes, France). This biohorizon is close to the first appearance of *R. scotti* at both the Tercis and Zumaya sections, indicating that the base of the *R. scotti* Subzone approximately coincides with the C/M boundary.

Zusammenfassung: Das Zumaya-Profil zählt weltweit zu den am besten aufgeschlossenen und am durchgängigsten marinen Profilen des Campan, des Maastricht und des Übergangs Kreide-Tertiär. Die schnelle Sedimentation und das sehr häufige Vorkommen gut erhaltener planktonischer Foraminiferen erlaubten eine biostratigraphische Detailuntersuchung vom oberen Campan bis zur Kreide-Tertiär-Grenze sowie das Aufstellen von Subzonen innerhalb der Biozonierung von CARON (1985). Insgesamt wurden 13 Subbiozonen identifiziert: *Globotruncanita calcarata*, *Globotruncanella havanensis*, *Gublerina acuta*, *Globotruncana aegyptiaca*, *Rugoglobigerina hexacamerata*, *Contusotruncana plicata*, *Rugoglobigerina rotundata*, *Rugoglobigerina scotti*, *Planoglobulina acervulinoides*, *Racemiguembelina fructicosa*, *Abathomphalus mayaroensis*, *Pseudoguembelina hariaensis* und *P. hantkeninoides*. Die Arbeitsgruppe „Maastricht“ der Internationalen Stratigraphischen Kommission schlägt vor, die Campan/Maastricht-Grenze (C/M) in das Niveau 115.20 m der Plattform IV des Profils Tercis-les-Bains (Landes, Frankreich) zu legen. Da sich dieser Biohorizont in Tercis und Zumaya sehr nahe beim ersten Auftreten von *R. scotti* befindet, fällt die Basis der Subbiozone *R. scotti* annäherungsweise mit der Grenze C/M zusammen.

Resumen: El estudio bioestratigráfico detallado con foraminíferos planctónicos desde el Campaniense superior al límite Cretácico/Terciario (K/T) de cortes de España, Francia y Tunicia nos ha permitido establecer una Subzonación de la Biozonación de CARON (1985). Hemos identificado un total de 13 subbiozonas: Subbiozona de *Globotruncanita calcarata*, de *Globotruncanella havanensis*, de *Gublerina acuta*, de *Globotruncana aegyptiaca*, de *Rugoglobigerina hexacamerata*, de *Contusotruncana plicata*, de *Rugoglobigerina rotundata*, de *Rugoglobigerina scotti*, de *Planoglobulina acervulinoides*, de *Racemiguembelina fructicosa*, de *Abathomphalus mayaroensis*, de *Pseudoguembelina hariaensis* y de *Plummerita hantkeninoides*. Estas subbiozonas pueden ser reconocidas en las tres áreas estudiadas (Pirineos, Cordilleras Béticas y Atlas tunecino), excepto la subbiozona de *P. hantkeninoides*, ya que esta especie está ausente en la cuenca pirenaica. Recientemente, el Grupo de Trabajo del Maastrichtiense ha propuesto a la Comisión Internacional de Estratigrafía situar el límite Campaniense/Maastrichtiense (C/M) en el nivel 115.20 m de la plataforma IV del corte de Tercis-les-Bains (Landes, Francia). Este biohorizonte se sitúa muy próximo a la primera aparición de *R. scotti* en Tercis y en Zumaya, por lo que la base de la Subbiozona de *R. scotti* coincide aproximadamente con el límite C/M.

Introducción

A mediados del siglo XX empezaron a establecerse biozonaciones con foraminíferos planctónicos en el Cretácico Superior, con el fin de realizar dataciones estratigráficas relativas en la floreciente industria petrolera. Entre ellas destacaron las de GANDOLFI (1942), BOLLI (1966), EL-NAGGAR (1966), PESSAGNO (1967), POSTUMA (1971), VAN HINTE (1976) y más recientemente las de ROBASZYNSKI et al. (1984) y CARON (1985). Dichas biozonaciones están basadas casi exclusivamente en foraminíferos planctónicos de la familia de los Globotruncanidae. Sin embargo, la correlación a nivel mundial de estas biozonas se ve dificultada porque los globotruncánidos eran generalmente especies tropicales-subtropicales y moradoras de hábitat profundo. Por otra parte, las especies pertenecientes a las familias de los Heterohelicidae y Rugoglobigerinidae no han sido consideradas tradicionalmente como especies índice con utilidad bioestratigráfica. Sólomente algunas especies de Heterohelicidae fueron utilizadas para definir pequeñas biozonas o zónulas, siendo englobadas dentro de un cuadro bioestratigráfico dominado por los Globotruncanidae (PESSAGNO, 1967). Esta situación cambió a raíz del trabajo de NEDERBRAGT (1991), quien presentó una revisión sistemática exhaustiva de los Heterohelicidae y definió un total de 13 biozonas con heterohelicidos para el intervalo entre el Albiense y el límite Cretácico/Terciario (K/T).

Con el objetivo de completar y obtener un mayor grado de resolución dentro la bioestratigrafía del Campaniense superior y del Maastrichtiense, presentamos una subzonación de la biozonación propuesta por CARON (1985), la cual es una de las más empleadas. Esta subzonación puede ser válida para áreas de latitudes medias bajas del hemisferio Norte, sobre todo en el dominio mediterráneo (ARENILLAS et al., 1998; MOLINA et al., 1996 a,b, 1998; ARZ et al., 1999 a,b; ARZ, 2000 y ARENILLAS et al., 2000 a,b). Se ha basado principalmente en los cortes de Zumaya, Tercis, Caravaca y Aïn Settara debido a que son mundialmente conocidos y se trata de unos de los cortes más continuos y expandidos a lo largo de este intervalo. Muchas de las especies índice utilizadas son cosmopolitas y habitantes de aguas superficiales o intermedias, lo cual permite su correlación en regiones más septentrionales y en medios sedimentarios menos profundos que la mayoría de biozonaciones propuestas hasta la fecha. CARON (1985) situó el límite Campaniense/Maastrichtiense coincidiendo con la última aparición de *Globotruncanita calcarata* y dividió el Maastrichtiense en tres zonas. Estas tres zonas están delimitadas en su parte inferior por las primeras apariciones de *Gansserina gansseri* (límite Maastrichtiense inferior-medio) y *Aathomphalus mayaroensis* (límite Maastrichtiense medio-superior), y con la extinción de la fauna cretácica en el límite K/T. No obstante, la situación

de estos límites se está cuestionando en la actualidad en el seno del Equipo de Trabajo de Maastrichtiense (*Maastrichtian Working Group*), razón por la cual otro de los objetivos de este trabajo es aportar datos más precisos de tipo cronoestratigráfico.

Materiales y métodos

Se ha revisado el contenido micropaleontológico de diversos perfiles del Cretácico Superior en cortes españoles de las Cordilleras Béticas (Caravaca, Agost y Alamedilla) y de los Pirineos (Zumaya, San Sebastián, Musquiz, Latasa y Campo), así como en cortes del suroeste de Francia (Tercis) y del Atlas Tunecino (Aïn Settara, El Kef y Elles). La situación paleogeográfica de los mismos durante el Maastrichtiense superior se muestra en la Figura 1, donde se observa que la mayoría pertenecen a medios de talud continental (en blanco) o bien se trata de cortes de plataformas carbonatadas (trama en gris). De entre estos cortes se han seleccionado, en base a su continuidad sedimentaria, su alta tasa de sedimentación, el abundante registro micropaleontológico que presentan y su relevancia científica, los perfiles de Zumaya y Tercis (Pirineos), Caravaca (Béticas) y Aïn Settara (Atlas), pertenecientes a diferentes dominios paleogeográficos. La localización geográfica y las características geológicas más detalladas de estos cortes y de todos los estudiados se recoge, entre otros, en los trabajos de MOLINA et al., (1998), ARZ et al., (1999a), ARZ (2000), ARZ et al., (2000) y ARENILLAS et al., (2000 a, b).

Para realizar el estudio micropaleontológico con foraminíferos planctónicos en los cuatro perfiles mencionados se recolectaron numerosas muestras provenientes de los tramos más margosos de las diferentes series. Las muestras se prepararon mediante la técnica del levigado, consistente en la disgregación mecánica y química de las mismas mediante la adición de Peróxido de Oxígeno al 20 % de concentración, un posterior lavado del residuo en tamices de 100 y 150 micras y su secado en un horno convencional a menos de 50 grados. Para el estudio cuantitativo sobre el residuo mayor a 100 micras, se separó una fracción representativa de cada muestra utilizando un microcuarteador modificado tipo Otto. De cada una de ellas se clasificaron más de 300 ejemplares de foraminíferos planctónicos, los cuáles fueron montados en celdillas y fijados con goma tragacanto. Asimismo se realizó una búsqueda intensiva en el residuo restante de cada muestra con el fin de identificar la presencia de las especies menos abundantes. Dada la naturaleza de este trabajo, no se exponen de una manera completa estos datos cuantitativos, sino que fundamentalmente nos centraremos en la distribución estratigráfica de las diferentes especies de foraminíferos planctónicos que hemos encontrado.

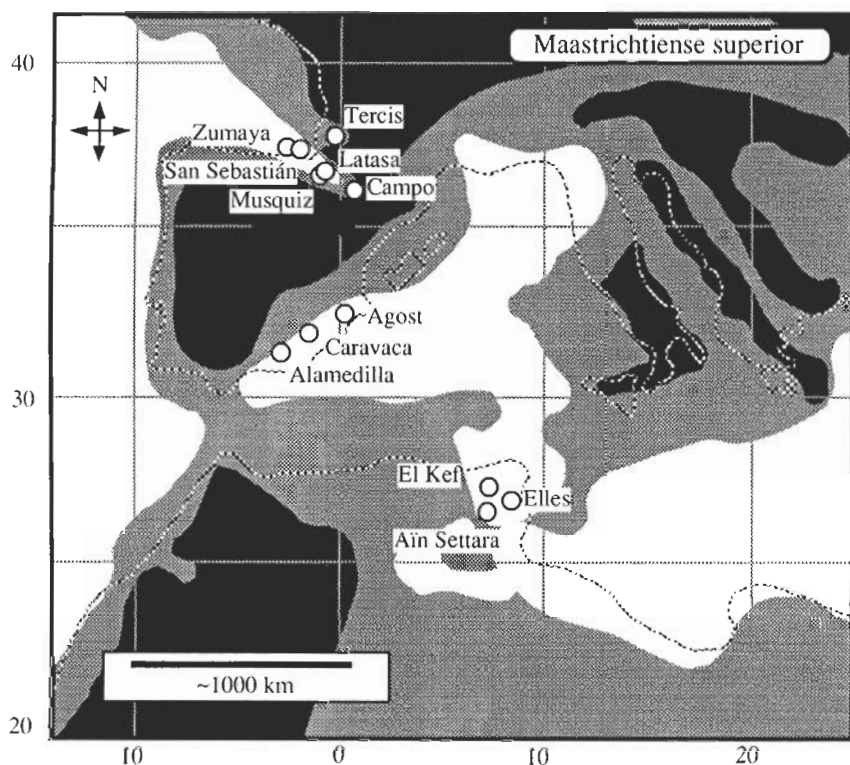


Fig. 1. Localización paleolatitudinal y paleogeográfica de los cortes estudiados en el Maastrichtiense superior (modificado de DENHAM & SCOTSESE, 1987).

Fig. 1. Paleolatitudinal and paleogeographic location of studied sections in the upper Maastrichtian (modified from DENHAM & SCOTSESE, 1987).

Estratigrafía

Las series que presentamos pertenecen a medios sedimentarios tanto de talud continental (Zumaya, Caravaca y Aïn Settara), como de plataforma continental carbonatada (Tercis) y se encuentran representadas esquemáticamente en las Figuras 2-5. Los cortes de Zumaya y Tercis pertenecen a la Illamada

Cuenca Vasco-Cantábrica, la cual se individualizó a comienzos del Cretácico Superior y perduró por lo menos hasta el Eoceno medio (PUJALTE et al., 1989). El corte de Zumaya aflora al Este de esta localidad dentro de la Ensenada de Atxui, cerca de la Punta de Aitzgorri. Desde el punto de vista geológico, pertenece a la parte más septentrional del Sinclinal del orógeno activo Vasco-Cantábrico (Pirineos). Concretamente se sitúa dentro del denominado Sinclinal de Zumaya, que es una estructura de graben o semigraben, formada por un conjunto de bloques basculados durante la apertura del Golfo de Vizcaya, donde se depositaron potentes series turbidíticas durante el Cretácico Superior.

Para el corte de Zumaya, abundan las publicaciones de tipo estratigráfico y sedimentológico y entre las más sobresalientes cabe citar las de GÓMEZ DE LLARENA (1954, 1956), HERM (1965), LAMOLDA (1988), LAMOLDA et al. (1981), MATHEY (1982), MOUNT & WARD (1986), PUJALTE et al. (1989, 1992, 1995) y ARZ (2000). Nuestro estudio comprende los últimos 700 metros de la serie del Cretácico Superior, donde aparecen representadas dos formaciones: la Formación Aguinaga y la Formación Zumaya-Algorri (MATHEY, 1982) De la primera se ha estudiado la parte más alta (Campaniense superior), mientras que la segunda es de Edad Maastrichtiense y se ha estudiado completa. Los materiales de la Fm. Aguinaga consisten en una alternancia muy homogénea de estratos tabulares de areniscas y de margas en facies flysch. Hacia la base del Maastrichtiense existe un cambio en la sedimentación, depositándose la Fm. Zumaya-Algorri. El contacto de esta formación carbonatada con las facies flysch de la Formación Aguinaga no es neto, sino que se produce una disminución progresiva en potencia y número de los estratos areniscosos en el tránsito entre ambas formaciones. La Fm. Aguinaga puede ser dividida en varias unidades (en base a criterios básicamente litoestratigráficos) recogidas en los trabajos de LAMOLDA (1988) y ARZ (2000).

Al norte de este surco turbidítico existía una estrecha plataforma carbonatada en cuyo seno se depositaron las rocas carbonatadas de Tercis. Este corte aflora en una cantera situada a 8 km al suroeste de la estación de tren de Dax, en la margen izquierda del río Adour, cerca del puente de Vimport. La serie se encuentra dentro de un anticlinal de dirección este-oeste que se coloca subverticalmente sobre su lado norte, presentando niveles mesozoicos y conteniendo en su núcleo materiales del Triásico en facies germánica. La serie es bastante homogénea y litológicamente está compuesta por calizas masivas grises con algunos interestratos de calizas más margosas. Tal y como señalan ODIN & ODIN (1994) puede dividirse en varias unidades litoestratigráficas en función de la presencia local de sílex y glauconita. Nuestro estudio ha sido realizado en los 114 metros comprendidos entre la cota 60 a la 174, afectando de base a techo a las siguientes unidades de las

definidas por ODIN & ODIN (1994): Caliza glauconítica (hasta la cota 68.5), Caliza muy poco glauconítica (entre las cotas 68.5 y 81), Caliza de muy a poco glauconítica (entre las cotas 81 y 100), Caliza con sílex gris (entre las cotas 100 y 131) y Caliza con sílex negros en lechos rítmicos (a partir de la cota 131).

Durante el Cretácico Superior, la otra gran cuenca sedimentaria marina española se situaba en el margen meridional de la placa Ibérica (VERA et al., 1982). Esta cuenca poseía una dirección aproximada suroeste-noreste y separaba la microplaca de Alborán de la de Iberia. A finales del Cretácico, y hasta el Oligoceno superior, el movimiento del bloque de Alborán se invirtió y pasó a ser hacia el noroeste, dando origen a la estructuración de las Cordilleras Béticas. El corte de Caravaca se encuentra situado en el Barranco del Gredero, aproximadamente a 3 Km al sur de esta población. Geológicamente se encuentra dentro de la unidad denominada como Subbético Norte, la cual registró la sedimentación en la parte más distal del margen meridional de la placa Ibérica. El perfil estudiado comprende los últimos 12.5 metros del Maastrichtiense, los cuales pertenecen a la Formación Jorquera (VERA et al., 1982), compuesta por una sucesión homogénea de margas y margas calcáreas del Campaniense superior-Eoceno. Este perfil ha sido estudiado desde el punto de vista estratigráfico por autores como SMIT (1977) y DE RUIG et al. (1991). Los materiales aflorantes en Caravaca son margas ocres que se disponen en estratos tabulares de potencia decimétrica o centimétrica, intercalados por estratos tabulares de calizas margosas o de calizas con potencias centimétricas. Esta secuencia finaliza con una lámina arcillosa anaranjada de dos a tres milímetros de espesor, cuya base marca el comienzo del Terciario.

En continuidad estructural con las Cordilleras Béticas, otra de las cadenas alpinas mediterráneas es el Atlas Tunecino, el cual representa la parte más occidental del Alto Atlas Sahariano. A esta unidad pertenece el corte de Aïn Settara, situado a 10 Km al este de la población de Kalaat y a unos 50 Km al sur del mundialmente conocido corte de El Kef (norte de Tunicia). Paleogeográficamente pertenece al estrecho que separaba la Cuenca Gafsa-Metlaoui de la Plataforma Tunecina, al norte de la Paleoisla de Kasserine y al sur de las áreas emergidas del Atlas (PEYPOUQUET et al., 1986). Los materiales estudiados pertenecen a la Formación El-Haria (BUROLLET, 1956) de edad Campaniense superior-Eoceno inferior. Las características estratigráficas de este corte están descritas en el trabajo de DUPUIS et al. (2001). De forma resumida podemos decir que se trata de 83.4 metros de margas grises con intercalaciones de niveles turbidíticos, presentando algunos niveles bioturbados y restos ocasionales de ammonites. Los episodios turbidíticos son más frecuentes hacia la base del corte y están ausentes durante el Maastrichtiense más alto. El límite Cretácico/Terciario posee unos mili-

metros de espesor y está formado por una capa de colores amarillos o anaranjados en la base de una capa de arcilla oscura de 60 centímetros de espesor rica en jarosita.

Bioestratigrafía

A pesar de que todos los perfiles relatados son conocidos por los paleontólogos que trabajan en materiales del Cretácico Superior y en la crisis del límite Cretácico/Terciario, la paleontología y bioestratigrafía de estos cortes ha sido tratada de manera desigual en la literatura científica. Ello es debido a que mientras que los cortes de Zumaya y Caravaca han sido estudiados durante décadas, los cortes de Tercis y Aïn Settara han centrado la atención de los especialistas más recientemente. Por ejemplo, desde los puntos de vista paleontológico y bioestratigráfico, destaca la gran cantidad de trabajos en el corte de Zumaya, debido fundamentalmente a su riqueza en macro y microfósiles y al interés en precisar los patrones de extinción de los diferentes grupos a lo largo del tránsito Cretácico-Terciario. Los inocerámidos del Maastrichtiense fueron estudiados por primera vez por HERM (1965) y más recientemente por MACLEOD & ORR (1993) y MACLEOD (1994a, b). Los ammonites fueron tratados por WARD et al. (1986, 1991), WARD (1988) o WIEDMANN (1988). Otro grupo ampliamente estudiado en el corte de Zumaya es el nannoplancton calcáreo, destacando los trabajos de PERCIVAL & FISCHER (1977), PERCH-NIELSEN (1979), FLORES et al. (1990), BURNETT et al. (1992) y LAMOLDA & GOROSTIDI (1992). En cuanto a la micropaleontología con foraminíferos planctónicos, los primeros trabajos son los de HERM (1965) y RAMIREZ DEL POZO (1971). Trabajos más detallados y recientes sobre la bioestratigrafía de la Cuenca Vasco-Cantábrica y el evento de extinción de los foraminíferos planctónicos en el tránsito Cretácico-Terciario son los de LAMOLDA (1982, 1983, 1984, 1988 y 1990), APELLANIZ et al. (1997), ARENILLAS et al. (1998), ARZ et al. (1999b) y ARZ (2000).

También abundantes son los trabajos micropaleontológicos realizados en el corte de Caravaca. La bioestratigrafía y micropaleontología del límite K/T de este corte fue estudiada inicialmente por VON HILLEBRANDT (1974) y por ABTAHI (1975). Otros estudios más detallados del Maastrichtiense y del Daniense de Caravaca con foraminíferos planctónicos fueron realizados por SMIT (1982), CANUDO et al. (1991), KAIHO & LAMOLDA (1999) y ARZ et al. (2000). Estos trabajos han formado parte del debate actual sobre si la extinción de los foraminíferos planctónicos en este límite se ajusta mejor a un modelo más catastrofista o más gradualista. Desde el punto de vista bioestratigráfico es relevante que SMIT (1982) descubrió en Caravaca una asociación nueva de foraminíferos planctónicos entre la Biozona de *A. maya-*

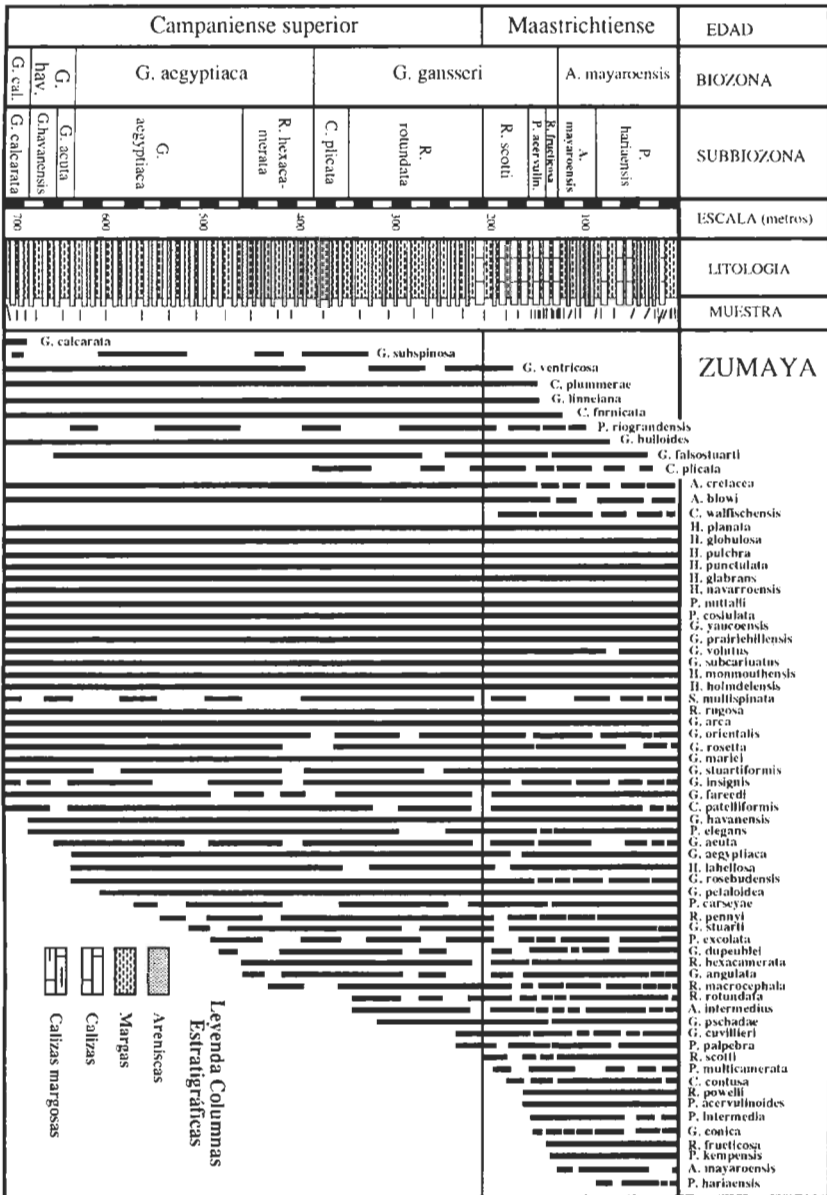


Fig. 2. Distribución estratigráfica de los foraminíferos planctónicos en el corte de Zumaya.

Fig. 2. Species ranges of planktic foraminifera at the Zumaya section.

roensis del Maastrichtiense superior y la Biozona de "*Globigerina*" *eugubina* del Daniense inferior, lo cual le permitió definir una nueva biozona para la parte más baja del Daniense que denominó Biozona de *Guembeltria cretacea* y que ha sido frecuentemente usada con posterioridad. Por el contrario, los trabajos micropaleontológicos publicados hasta la fecha sobre los cortes de Tercis y Aïn Settara son escasos y entre los más importantes caben citar la monografía sobre el límite Campaniense/Maastrichtiense coordinada por ODIN & MAASTRICHTIAN WORKING GROUP (2001) y el de DUPUIS et al. (2001), respectivamente.

Las asociaciones de foraminíferos planctónicos registrados en los cortes estudiados presentan por lo general una alta diversidad. Se han reconocido un total de 68 especies en Zumaya, 56 en Tercis, 69 en Caravaca y 71 en Aïn Settara, cuyas distribuciones estratigráficas se muestran en las Figuras 2, 3, 4 y 5, respectivamente. Este número depende de varios factores analizados en el trabajo de ARZ (2000). Uno de ellos es el intervalo de tiempo registrado en cada corte, ya que a nivel mundial hay una tendencia clara a aumentar el número neto de especies en las asociaciones de foraminíferos planctónicos a lo largo del Campaniense y Maastrichtiense. Otro factor importante es la paleolatitud, ya que las asociaciones de foraminíferos planctónicos son más diversas en latitudes más bajas. Por último, en el caso de Tercis es muy importante el control que la profundidad variable de la columna de agua ejerce sobre las especies más profundas. Ello da como resultado el que las distribuciones estratigráficas algunas de las especies de foraminíferos planctónicos estén sesgadas y sean frecuentes las desapariciones locales y el que las primeras apariciones de algunas especies en esta plataforma se produzcan con un cierto decalaje.

Desde el punto de vista bioestratigráfico el objetivo fundamental de este trabajo es el presentar una subzonación de la Biozonación de CARON (1985). Con ello se aumentará la aplicabilidad bioestratigráfica de los foraminíferos planctónicos desde el punto de vista geológico, ya que permitirá utilizar la escala de esta última autora en la resolución de problemas menos detallados y optar por la que proponemos para estudios que necesiten una alta resolución. En la definición de las subbiozonas se ha preferido utilizar subbiozonas de extensión total, como las de *G. calcarata* o *P. hantkeninoides* y fundamentalmente subbiozonas de intervalo, ya que las unidades bioestratigráficas de coexistencia de dos taxones suelen ser más imprecisas. Además, como marcadores biozonales se ha utilizado preferentemente primeras apariciones (P. A.) de especies al ser por lo general bioeventos más sincrónicos, ya que las últimas apariciones (U. A.) suelen presentar problemas tafonómicos debido a procesos de reelaboración (LINARES, 1977).

Se han definido un total de 13 subbiozonas, 7 para el Campaniense superior: Subbiozonas de *Globotruncanita calcarata*, de *Globotruncanella havanensis*, de *Gublerina acuta*, de *Globotruncana aegyptiaca*, de *Rugoglobigerina hexacamerata*, de *Contusotruncana plicata* y de *Rugoglobigerina rotundata*; y el resto para el Maastrichtiense: Subbiozonas de *Rugoglobigerina scotti*, de *Planoglobulina acervulinoides*, de *Racemiguembelina fructifera*, de *Abathomphalus mayaroensis*, de *Pseudoguembelina hariaensis*, de *P. hantkeninoides*. La correlación de estas subbiozonas con las biozonas definidas por CARON (1985), por ROBASZYNSKI et al. (1984), por LAMOLDA et al. (1983), por BOLLI (1966), por LI et al. (1999) y por NEDERBRAGT (1991) se representa en la Figura 6. La resolución de algunas de las subbiozonas propuestas tiene especial interés, ya que se estima que, al menos cinco de ellas (las de *G. havanensis*, *G. acuta*, *R. hexacamerata*, *C. plicata* y *P. hantkeninoides*), tienen una duración menor a un millón de años.

Subbiozona de *Globotruncanita calcarata*

Definición: Subbiozona de extensión total comprendida desde la P. A. hasta la U.A. de *G. calcarata*.

Autor: Esta biozona fue definida por HERM (1962).

Edad: Campaniense superior.

Observaciones: Hemos usado esta subbiozona con el mismo sentido con el que fue definida. De este modo ha sido usada clásicamente por la mayoría de los autores en latitudes medias y bajas, bien con rango de biozona (BOLLI, 1966; POSTUMA, 1971; VAN HINTE, 1976, SIGAL, 1977; LINARES, 1977, PREMOLI-SILVA & BOERSMA, 1977; WONDERS, 1980; PREMOLI SILVA & SLITER, 1981; BUTT, 1981; SLITER, 1984; ROBASZYNSKI et al., 1984; CARON, 1985 o SKOURTSIS & SOLAKIUS, 1991, entre otros) o bien como un rango menor de zónula (PESSAGNO, 1967).

Dentro de los 20 metros de potencia de serie *flysch* que posee esta subbiozona en Zumaya destacan por su abundancia relativa las siguientes especies: *Heterohelix globulosa*, *Globigerinelloides prairiehillensis*, *Globotruncana arca*, *Globotruncana mariei* y *Globotruncana linneiana*. Los cambios en las asociaciones son mínimos, ya que en este intervalo no se ha observado la extinción o la primera aparición de ninguna especie de foraminíferos planctónicos, salvo las del indicador biozonal. En las muestras que hemos estudiado dentro del perfil de Tercis, la especie *G. calcarata* es escasa y tan sólo se ha determinado su presencia en la muestra correspondiente a la cota 61.5, dentro de la unidad llamada Calizas con glauconita. Sin embargo su primera aparición tiene lugar en la cota 40.8, por lo que la potencia total de esta subbiozona es de 20.7 metros (ODIN et al., 2001).

Subbiozona de *Globotruncanella havanensis*

Definición: Subbiozona de intervalo comprendida entre la U.A. de *G. calcarata* y la P.A. de *G. acuta*.

Autor: Esta biozona fue definida por CARON (1985), y su sentido ha sido modificado en este trabajo.

Edad: Campaniense superior.

Observaciones: Inicialmente se definió esta biozona como el intervalo existente entre la U.A. de *G. calcarata* y la P.A. de *G. aegyptiaca*, pero posteriormente ha sido redefinida con otros marcadores biozonales. HUBER (1991) la utiliza en el Atlántico Sur, definiéndola como el intervalo entre la P.A. de *G. aegyptiaca* hasta la P.A. de *A. mayaroensis*, proponiendo su límite inferior como base del Maastrichtiense. BELLIER (1983) la utiliza en Tunicia con un rango comprendido entre la P.A. de *G. havanensis* y la de *G. gansseri*. La Subbiozona de *G. havanensis* que proponemos tiene una extensión reducida, y sería correlacionable con la parte más baja de la biozona del mismo nombre establecida por CARON (1985), ya que la P.A. de *G. acuta* ocurre antes que la de *G. aegyptiaca*.

El espesor de esta subbiozona en Zumaya es de 36 metros y está compuesta por materiales turbidíticos. Destacan por su abundancia relativa las siguientes especies: *Heterohelix globulosa*, *Globotruncana arca*, *Globotruncana mariei*, *Globotruncana linneiana* y *Contusotruncana fornicata*, registrándose la mayor abundancia de Globotruncánidos de todo el perfil. En esta subbiozona se producen las P.A. de *Pseudotextularia elegans* y de *Globotruncanella havanensis*, mientras que no se ha constatado la extinción de ninguna especie dentro del grupo de los foraminíferos planctónicos. En el perfil de Tercis no se ha podido determinar con precisión el techo de esta biozona, ya que la primera aparición de *G. acuta* no se produce hasta la cota 116.8. Su primera aparición en este corte es anómala y muy probablemente su retardo ha estado condicionado por la insuficiente profundidad del medio, dado que se trata de una de las especies de hábitat más profundo. En todo caso esta subbiozona forma parte de la unidad denominada Calizas con glauconita.

Subbiozona de *Gublerina acuta*

Definición: Subbiozona de intervalo comprendida entre la P.A. de *G. acuta* y la P.A. de *G. aegyptiaca*.

Autor: Esta biozona fue definida por SALAJ & SAMUEL (1984), aunque con distinto sentido al utilizado en este trabajo.

Edad: Campaniense superior.

Observaciones: SALAJ & SAMUEL (1984) definieron originalmente esta biozona bajo el nombre de *Gublerina reniformis*, que es un sinónimo posterior de *G. acuta*, y situaron el límite superior coincidiendo con la P. A. de *Gublerina cuvillieri*. En este trabajo se ha modificado su sentido, y hemos utilizado la P. A. de *G. aegyptiaca* para situar su límite superior. De esta manera, evitamos problemas de tipo taxonómico, ya que *G. acuta* y *G. cuvillieri* son dos especies filogenéticamente relacionadas y son relativamente abundantes los morfotipos intermedios entre ambas especies durante este intervalo. La subbiozona de *G. acuta* se correlaciona con la parte más baja de la Biozona de *P. excolata*, definida por NEDERBRAGT (1991).

La potencia de esta subbiozona en Zumaya es de 19 metros y se presenta en facies *flysch*. Las asociaciones de foraminíferos planctónicos estudiadas están dominadas por las mismas especies que en la subbiozona de *G. havanensis*. Sin embargo, desde el punto de vista cualitativo, este intervalo se caracteriza por el aumento de la tasa de especiación. De este modo aparecen por vez primera las siguientes especies: *Globotruncana falsostuarti*, *Heterohelix labellosa*, *Globigerinelloides rosebudensis* y *G. acuta*. No se ha observado la extinción de ninguna especie en esta subbiozona. En Tercis tal y como comentábamos anteriormente, no ha sido posible situar con precisión la base de esta biozona. Su techo se corresponde con la cota 64.8 y estos materiales pertenecen a la unidad Calizas con glauconita.

Subbiozona de *Globotrunca aegyptiaca*

Definición: Subbiozona de intervalo comprendida entre la P. A. de *G. aegyptiaca* y la P. A. de *R. hexacamerata*.

Autor: Esta biozona fue definida inicialmente por CARON (1985), y su sentido ha sido modificado en este trabajo de acuerdo con LI et al. (1999).

Edad: Campaniense superior.

Observaciones: CARON (1985) definió esta biozona de intervalo, comprendida entre la P. A. de *G. aegyptiaca* y la P. A. de *Gansserina gansseri*. La ausencia de esta última especie en los cortes pirenaicos impide utilizarla como especie-índice, por lo que en el presente trabajo hemos subdividido la biozona original de CARON (1985) en dos subbiozonas: la de *G. aegyptiaca* (parte inferior) y la de *R. hexacamerata* (parte superior). La primera es una biozona de intervalo cuya base coincide con la P. A. del taxón del mismo nombre y el techo coincide con la P. A. de *R. hexacamerata*. La subbiozona de *G. aegyptiaca* correspondería a la parte superior de la Biozona de *G. falsostuarti* y a la parte más baja de la de *Globotruncanita stuarti*, ambas definidas por LAMOLDA (1983) en el corte de Zumaya.

La potencia de esta subbiozona en Zumaya es mucho mayor que las de las anteriores, abarcando 177 metros de materiales en facies *flysch*. A nivel

cuantitativo se produce un paulatino descenso de los globotruncánidos, de tal modo que ya no vuelven a ser el grupo dominante a partir de esta subbiozona. Por el contrario, las especies abundantes pertenecen al grupo de los heterohelicidos y al plancton enrollado no carenado. Las especies más frecuentes son *H. globulosa*, *Heterohelix planata*, *G. prairiehillensis* y *Hedbergella holmdelensis*. Se han identificado las P. A. de *Planoglobulina riograndensis*, *Planoglobulina carseyae*, *Pseudoguembelina excolata*, *Globotruncanella petaloidea*, *Rugoglobigerina pennyi*, *G. aegyptiaca*, *G. stuarti* y *Globotruncanita dupeublei*. Por el contrario, no se ha identificado la extinción de ninguna especie en este intervalo, manteniéndose el aumento de la diversidad que caracteriza el Maastrichtiense inferior. En el corte de Tercis la base de esta subbiozona se sitúa en la cota 64.8 y el techo en la 76.1 por lo que todos estos materiales pertenecen a las unidades Caliza con Glauconita y Caliza muy poco glauconítica. Debido a causas paleoecológicas, todas las primeras apariciones de las especies mencionadas anteriormente en relación al corte de Zumaya, aparecen por vez primera en Tercis durante biozonas situadas estratigráficamente en posiciones más altas, tal y como se muestra en la Figura 3; salvo el caso de la especie *G. dupeublei*, la cual no se ha reconocido en este corte. Al igual que en Zumaya, no se ha identificado la extinción de ninguna especie de foraminíferos planctónicos en este intervalo en el corte de Tercis.

Subbiozona de *Rugoglobigerina hexacamerata*

Definición: Subbiozona de intervalo comprendida entre la P. A. de *R. hexacamerata* y la P. A. de *C. plicata*.

Autor: Esta biozona fue definida por MASTERS (1977) y su sentido ha sido modificado en este trabajo.

Edad: Campaniense superior.

Observaciones: MASTERS (1977) utiliza la P. A. de *R. hexacamerata* para caracterizar lo que denomina "Intervalo de P. A. de *R. hexacamerata*-U. A. de *G. fornicata*". Esta biozona no tuvo demasiada difusión hasta el trabajo de LI et al. (1999), quienes la han empleado en Tunicia, tomando como base la P. A. de esta especie y como techo la de *G. gansseri*. En este trabajo sugerimos utilizar dicha biozona, aunque con un sentido diferente, para caracterizar la parte superior de la Biozona de *G. aegyptiaca* definida por CARON (1985). Como límite superior se ha preferido utilizar la P. A. de *C. plicata*, que es prácticamente isócrona a la P. A. de *G. gansseri* (ROBASZYNSKI et al. 1984; ARZ, 2000).

Esta subbiozona en Zumaya tiene un total de 76 metros de potencia con materiales en facies *flysch* más profundas que en el resto del Maastrichtiense inferior. No se ha identificado la extinción de ninguna especie de foraminí-

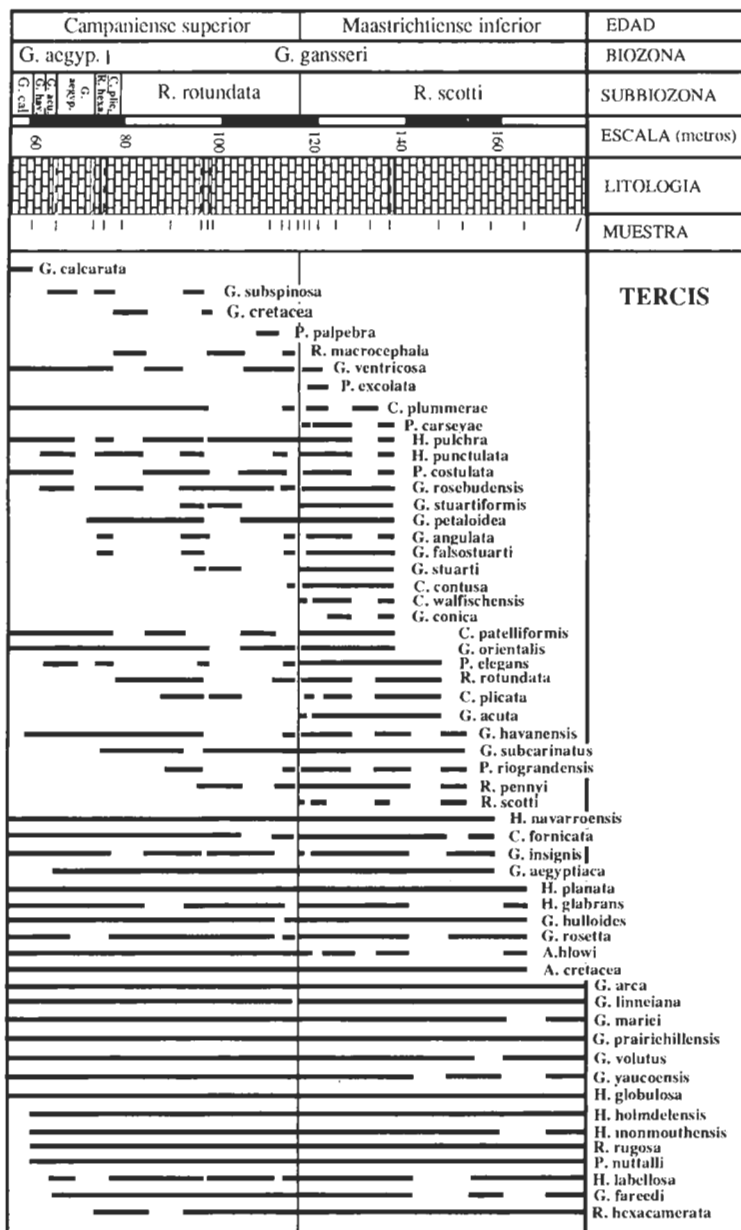


Fig. 3. Distribución estratigráfica de los foraminíferos planctónicos en el corte de Tercis.

Fig. 3. Species ranges of planktic foraminifera at the Tercis section.

feros planctónicos, produciéndose en cambio la P. A. de *R. hexacamerata*, *Rugoglobigerina macrocephala* y *Globotruncanita angulata*. En el corte de Tercis no se ha podido precisar el techo de esta subbiozona, puesto que la P. A. de *C. plicata* acontece anómalamente dentro de la subbiozona de *R. rotundata*. Los materiales de la subbiozona de *R. hexacamerata* pertenecen a la unidad Caliza muy poco glauconítica. En Tercis se reconocen dentro de esta subbiozona los mismos bioeventos que en Zumaya, salvo el hecho de que la P. A. de *R. macrocephala* aparece un poco más tarde, en la base de la subbiozona de *R. rotundata*.

Subbiozona de *Contusotruncana plicata*

Definición: Subbiozona de intervalo comprendida entre la P. A. de *C. plicata* y la P. A. de *R. rotundata*.

Autor: ARZ & MOLINA (este trabajo).

Edad: Parte inferior del Maastrichtiense medio.

Observaciones: Se ha definido esta nueva subbiozona con el objetivo de caracterizar la parte más baja de la Biozona de *G. gansseri* de CARON (1985). El uso de la Biozona de *G. gansseri* en el sentido clásico dentro del dominio pirenaico es muy problemático, puesto que no se han encontrado ejemplares asimilables a esta especie (GÓMEZ-GARRIDO, 1989; ARZ, 2000). En este sentido, LAMOLDA (1982, 1983) indicó que existen problemas para identificarla, ya que puede confundirse con *G. pettersi* (= *G. angulata*). De hecho, todos los globotruncánidos monocarenados con el lado dorsal plano que hemos identificado en los cortes pirenaicos estudiados (Zumaya, San Sebastián, Latasa, Músquiz, Campo y Tercis) pertenecen en realidad a la especie *G. angulata*. EL-NAGGAR (1966) utilizó la Biozona de *Globotruncana gansseri* en el Valle del Nilo (Egipto), definiendo su límite inferior con la P. A. de *G. gansseri*. Este autor situó su límite superior en la U.A. de *G. arca*, *Globotruncana bahijae* (= *Gansserina wiedenmayeri*), *G. conica* y *Globotruncana* sp., coincidiendo con una gran reducción en el número de individuos del grupo de *G. gansseri*, con un fuerte incremento en abundancia de *Globotruncana esnehensis* y con la P. A. de *R. rotundata*. Este último biohorizonte permite establecer una equivalencia entre la subbiozona de *C. plicata* definida en este trabajo y la Biozona de *G. gansseri* definida por EL-NAGGAR (1966).

En Zumaya, esta subbiozona tiene una potencia total de 36 metros y consiste en facies *flysch* profundas. No hay cambios cuantitativos significativos con respecto a la subbiozona anterior, excepto un fuerte incremento en la abundancia relativa de *Rugoglobigerina rugosa*. En esta subbiozona tampoco hay grandes cambios cualitativos, destacando únicamente la P. A. de *C. plicata*. En Tercis, el techo de esta subbiozona se sitúa en la cota 79.4

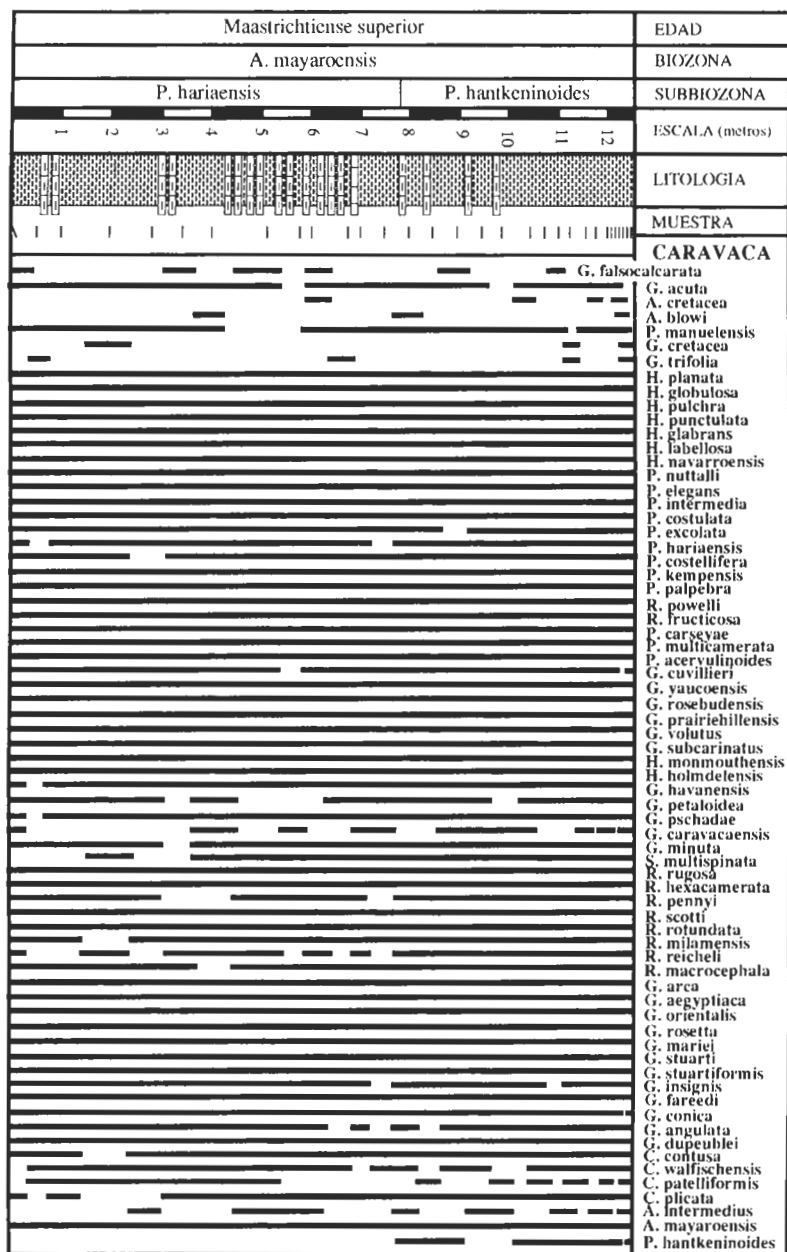


Fig. 4. Distribución estratigráfica de los foraminíferos planctónicos en el corte de Caravaca.

Fig. 4. Species ranges of planktic foraminifera at the Caravaca section.

perteneciendo estos materiales a la unidad Caliza muy poco glauconítica. Dentro de este intervalo no se ha identificado nuevamente ningún bioevento significativo dentro del grupo de los foraminíferos planctónicos.

Subbiozona de *Rugoglobigerina rotundata*

Definición: Subbiozona de intervalo comprendida entre la P. A. de *R. rotundata* y la P. A. de *R. scotti*.

Autor: ARZ & MOLINA (2001).

Edad: Campaniense superior.

Observaciones: comúnmente es aceptado que la P. A. de *R. rotundata* se sitúa en una posición ligeramente posterior a la de *G. gansseri* (BUTT, 1981; ROBASZYNSKI et al., 1984; ARZ, 2000). En este sentido, esta subbiozona puede correlacionarse con la parte media inferior de la Biozona de *G. gansseri* de CARON (1985).

En Zumaya la subbiozona de *R. rotundata* abarca los últimos 155 metros con sedimentación flysch de la Fm. Aguinaga. Durante la misma se produce un gran aumento en la abundancia de heterohelícidos. Las especies dominantes son similares a las de la subbiozona anterior, aunque son más abundantes *R. rugosa* (sobre todo en la mitad inferior de la subbiozona) y *H. globulosa*. Por el contrario, la abundancia relativa de *G. prairiehillensis* y de *H. holmdelensis* tiende a decrecer paulatinamente. En esta subbiozona se observa también un aumento en la diversidad, habiéndose identificado la P. A. de *G. cuvillieri*, *Globotruncanella pschadae*, *P. palpebra*, *R. rotundata* y *Abathomphalus intermedius*, y tan solo la U. A. de *Globotruncanita subspinosa*. En Tercis la base de esta subbiozona se sitúa en la cota 79.4 y el techo en la 116.8, por lo que su potencia total es de 37.4 metros. Litoestratigráficamente presenta una mayor variación, ya que están representadas las unidades Caliza muy poco glauconítica, Caliza de muy a poco glauconítica y Caliza con sílex gris. Los bioeventos identificados en Zumaya durante esta subbiozona son los mismos que los que ocurren en Tercis, salvo por el hecho de que las especies *G. cuvillieri*, *G. pschadae* y *A. intermedius* están ausentes en este corte.

Subbiozona de *Rugoglobigerina scotti*

Definición: Subbiozona de intervalo comprendida entre la P. A. de *R. scotti* y la P. A. de *P. acervulinoides*.

Autor: Esta biozona fue definida por JANSEN & KROON (1987)

Edad: Maastrichtiense inferior.

Observaciones: El primer autor en utilizar *R. scotti* como indicador bioestratigráfico fue Masters (1977). Este autor utiliza la P. A. de esta especie

para caracterizar la base de lo que denomina “Intervalo de P. A. de *Trinitella scotti*-U. A. de *Contusotruncana fornicata*”. Posteriormente *R. scotti* ha sido utilizada como taxón-índice por JANSEN & KROON (1987) en sondeos de la parte oeste del Atlántico Norte. Estos autores utilizaron su P. A. para caracterizar la base de la subzona homónima, haciendo coincidir su límite superior, al igual que en el presente trabajo, con la P. A. de *Planoglobulina brazoensis* (= *P. acervulinoides*). La especie *R. scotti* constituye un excelente marcador biozonal, ya que es fácilmente identificable, posee una amplia distribución paleocenográfica en latitudes medias y bajas y su P. A. parece ser bastante isócrona (BUTT, 1981; ROBASZYNSKI et al., 1984; ARZ, 2000; ARZ & MOLINA, 2001).

En Zumaya, esta subbiozona consta de 26.5 metros que se corresponden con las Unidades carbonatadas 1 y mitad inferior de la 2, definidas en ARZ (2000) para la Fm. Zumaya-Algorri. No hay grandes cambios en la abundancia relativa de las especies de foraminíferos planctónicos. Sin embargo, destaca la gran abundancia relativa de *H. globulosa*, que alcanza su máximo absoluto a techo de esta subbiozona. También destaca el crecimiento progresivo en la abundancia relativa de *Pseudotextularia nuttalli* y el decrecimiento de *H. planata* y de *R. rugosa*. Se mantiene la tendencia a aumentar el número de especies, produciéndose la P. A. de *Planoglobulina multicamerata*, *R. scotti*, *Contusotruncana contusa* y *Contusotruncana walffschensis* y la U. A. de *Globotruncana ventricosa*. En Tercis no se ha reconocido el techo de esta subbiozona por falta de afloramiento adecuado, existiendo un total de 57.2, metros pertenecientes a las unidades Caliza con sílex gris y Caliza con sílex negros en lechos rítmicos. Los bioeventos reconocidos en este perfil durante esta subbiozona son los mismos que en el corte de Zumaya, salvo por el hecho de que la especie *P. multicamerata* está ausente en Tercis.

Subbiozona de *Planoglobulina acervulinoides*

Definición: Subbiozona de intervalo comprendida entre la P. A. de *P. acervulinoides* y la P. A. de *R. fructicosa*.

Autor: Esta biozona fue definida por NEDERBRAGT (1991).

Edad: Maastrichtiense inferior.

Observaciones: La Biozona de *P. acervulinoides* es utilizada en este trabajo en el mismo sentido con que fue definida originalmente por NEDERBRAGT (1991). Su extensión estratigráfica es corta y el marcador biozonal que limita su base es fácilmente identificable, presentando por ello un gran interés bioestratigráfico. Esta subbiozona equivale a las biozonas de *Contusotruncana contusa* y de *Pseudotextularia intermedia* definidas por LI et al. (1999) en Tunicia.

La potencia de la misma en el corte de Zumaya es de 23.4 metros y se caracteriza por presentar facies carbonatadas dentro de la Unidad 2 definida por ARZ (2000). En esta subbiozona se inicia un descenso progresivo en la abundancia relativa de *H. globulosa*, aunque se mantiene como especie dominante. Otras especies como *Heterohelix glabrans*, *P. elegans* y *G. arca* tienden, por el contrario, a ser cada vez más abundantes. Se han identificado las P. A. de *Pseudotextularia intermedia*, *P. acervulinoides*, *Racemiguembelina powelli* y *Globo truncanita conica*, y la U.A. de *Contusotruncana plummerae* y *Globo truncana linneiana*.

Subbiozona de *Racemiguembelina fructicosa*

Definición: Subbiozona de intervalo comprendida entre la P. A. de *R. fructicosa* y la P. A. de *A. mayaroensis*.

Autor: Esta biozona fue definida por SMITH & PESSAGNO (1973).

Edad: Maastrichtiense inferior.

Observaciones: Esta subbiozona se ha utilizado en el mismo sentido que la definición original de SMITH & PESSAGNO (1973). La especie *R. fructicosa* ha sido utilizada a menudo como indicador biozonal. Así, por ejemplo, SOLAKIUS (1983) definió la Biozona de *R. varians* s. l. como una biozona de extensión total del taxón *R. varians* s. l. (= *R. fructicosa*) cuyo techo coincidía con el límite K/T. Además, dividió esta biozona en las subzonas de *R. gansseri*, *A. mayaroensis* y *Kassabiana falsocalcarata*. Esta biozonación fue seguida posteriormente por JANSEN & KROON (1987) y SALAJ & SAMUEL (1984). La biozonación con heterohelícidos de NEDERBRAGT (1991) también incluye la Biozona de *R. fructicosa*, cuyo límite inferior coincide con la P. A. de dicha especie y el límite superior con la P. A. de *P. hariaensis*.

En el corte de Zumaya, la subbiozona de *R. fructicosa* es la de menor potencia, con 6.5 metros, y presenta facies carbonatadas dentro de la Unidad 2 definida por ARZ (2000). Los cambios de las asociaciones de foraminíferos planctónicos son mínimos, continuando las mismas tendencias que en la subbiozona anterior. Se ha identificado la P. A. de *Pseudoguembelina kempensis* y *R. fructicosa* y no se ha observado la extinción de ninguna especie. En Aïn Settara aparecen los últimos 18 metros de esta subbiozona en facies *flysch*. La P. A. de *P. kempensis* no ha sido reconocida pues no aflora la parte más baja de la subbiozona de *R. fructicosa*. Tampoco ha sido reconocida la extinción de ninguna especie de foraminíferos planctónicos durante este intervalo.

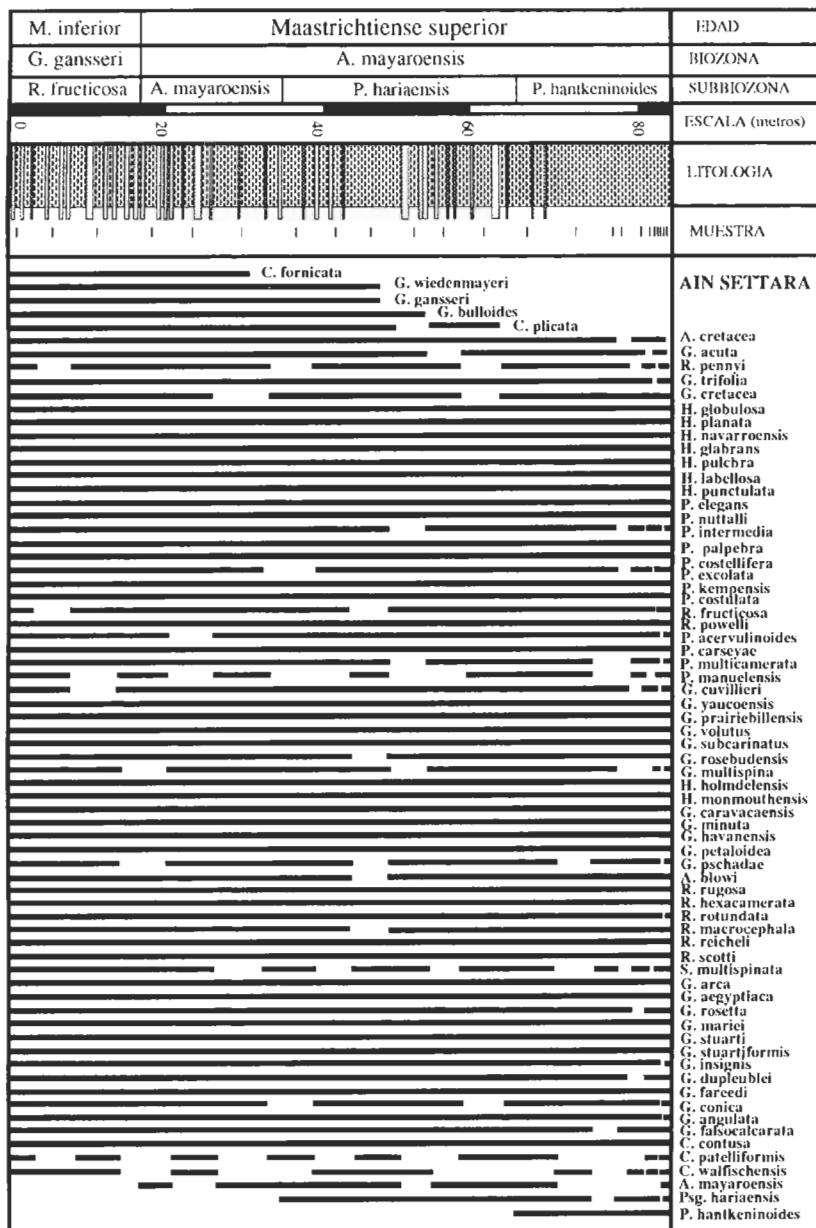


Fig. 5. Distribución estratigráfica de los foraminíferos planctónicos en el corte de Ain Settara.

Fig. 5. Species ranges of planktic foraminifera at the Ain Settara section.

Subbiozona de *Abathomphalus mayaroensis*

Definición: Subbiozona de intervalo comprendida entre la P. A. de *A. mayaroensis* y la P. A. de *P. hariaensis*.

Autor: Esta biozona fue definida por BRÖNNIMANN (1952), y modificada en este trabajo.

Edad: Maastrichtiense superior.

Observaciones: Desde su definición original y sobre todo a partir del trabajo de BOLLI (1966), esta biozona ha sido utilizada tradicionalmente para caracterizar los materiales correspondientes al Maastrichtiense superior, como una zona de extensión total de la especie *A. mayaroensis* (EL-NAGGAR 1966; LAMOLDA, 1983; ROBASZYNSKI et al., 1984; CARON, 1985). No obstante, SOLAKIUS (1983) en Tunicia o ION & SZASZ (1994) en Rumania, optaron por acotar su límite superior coincidiendo con las P. A. de *K. falso-calcarata* y *P. hantkeninoides* respectivamente. Sin embargo, dichas biozonas no han podido ser reconocidas en los cortes pirenaicos, ya que, al igual que ocurre con *G. gansseri*, estas dos especies no están presentes en la cuenca pirenaica (ARZ, 2000). La subbiozona de *A. mayaroensis*, tal como se ha definido en este trabajo, equivale a la parte inferior de la biozona clásica, ya que su techo está delimitado por la P. A. de *P. hariaensis*.

La subbiozona de *A. mayaroensis* en Zumaya tiene una potencia de 19.6 metros y se corresponde con la Unidad 3 definida por ARZ (2000), caracterizada fundamentalmente por la predominancia de margas. Continúa la disminución progresiva de la abundancia relativa de *H. globulosa* y se produce un aumento de *P. nutalli*, *Pseudoguembelina costulata* y *G. petaloidea*. El número de especies se mantiene constante, identificándose la P. A. de *A. mayaroensis* y la U. A. de *C. fornicata*. En Aïn settara esta subbiozona tiene una potencia de 18 metros compuestos por materiales turbidíticos distales. Los bioeventos reconocidos son idénticos a los de Zumaya durante este intervalo.

Subbiozona de *Pseudoguembelina hariaensis*

Definición: Subbiozona de intervalo comprendida entre la P. A. de *P. hariaensis* y la P. A. de *P. hantkeninoides*.

Autor: Esta biozona fue definida por NEDERBRAGT (1991) y su sentido original ha sido modificado en este trabajo.

Edad: Maastrichtiense superior.

Observaciones: La introducción de dicha subbiozona es reciente, debido a que el taxón índice fue definido por NEDERBRAGT (1991) al mismo tiempo que la biozona. Su valor como marcador biozonal radica en que es una de las pocas especies de foraminíferos planctónicos cuya P. A. es posterior a la

Edad	Primeras y últimas apariciones	BIOZONACIONES						
		Este Trabajo (Sub-biozonas)	Este Trabajo (Biozonas) Caron (1985)	Li et al. (1999)	Nederbragt (1991)	Robaszynski et al. (1984)	Lamolda (1983)	Bolli (1966)
Maastrichtiense superior	P. hantkenin. ▲	P. hantkenin.	A. mayaroensis	P. hantkenin.	P. hariaensis	A. mayaroensis	A. mayaroensis	A. mayaroensis
	C. plicata ▼			P. palpebra				
	G. gansseri ▼	P. hariaensis						
	P. hariaensis ▲							
		A. mayaroensis		R. fructicosa	R. fructicosa			
	A. mayaroensis ▲	R. fructicosa						
Maastrichtiense inferior	R. fructicosa ▲	P. acervulinooides	G. gansseri	P. intermedia	P. acervulinooides	G. gansseri	G. stuarti	G. gansseri
	P. acervulinooides ▲			R. contusa				
	R. scotti ▲	R. scotti						
		R. rotundata		G. gansseri				
Campaniense superior	R. rotundata ▲	C. plicata		R. hexacamerata	P. excolata			
	G. gansseri y C. plicata ▲	R. hexacamerata		G. aegyptiaca				
	R. hexacamerata ▲	G. aegyptiaca	G. aegyptiaca	G. aegyptiaca		G. falsostuarti		G. lapparenti-tricarinata
	G. aegyptiaca ▲	G. acuta	G. havanensis	G. subcarinatus			G. falsostuarti	
	G. acuta ▲	G. havanensis		P. elegans				
	G. calcarata ▼	G. calcarata	G. calcarata	G. calcarata	Parte P. costulata	G. calcarata	G. calcarata	G. calcarata
	G. calcarata ▲							

Fig. 6. Comparación de las biozonaciones de foraminíferos planctónicos más relevantes del Campaniense superior y del Maastrichtiense con la escala propuesta en este trabajo.

Fig. 6. Comparison of the most relevant planktic foraminiferal biozonations across the upper Campanian and Maastrichtian with the biozonation proposed in this paper.

de *A. mayaroensis*. La autora definió esta biozona como una biozona de extensión total, por lo que en este trabajo se ha modificado el sentido original, al acotar el techo coincidiendo con la P. A. de *P. hantkeninoides*. La subbiozona de *P. hariaensis* se correlaciona con la parte superior de las

Biozonas de *R. varians* de SALAJ & SAMUEL (1984) y de *R. varians* s. l. de SOLAKIUS (1983), salvo en la parte más alta de estas últimas dos biozonas, que equivaldría a la subbiozona de *P. hantkeninoides*.

En Zumaya esta subbiozona tiene una potencia de 105 metros y se corresponde con las Unidades 4-7 definidas por ARZ (2000). Es importante notar que dado que no existe la especie *P. hantkeninoides* en los Pirineos, el techo de la subbiozona de *P. hariaensis* en este caso de correspondería con el límite K/T. Durante la misma continúa el descenso en abundancia de *H. globulosa* y el aumento de *P. nutalli*, salvo en la parte superior de la subbiozona, donde estas tendencias se invierten. En la subbiozona de *P. hariaensis* se produce un descenso en la diversidad de los foraminíferos planctónicos. En Zumaya, se ha identificado la U.A. de *Planoglobulina riograndensis*, *Globotruncana bulloides*, *Globotruncana falsostuarti* y *Archaeoglobigerina cretacea* y tan sólo la P. A. de *P. hariaensis*. Además tres especies desaparecen localmente en esta cuenca, probablemente ya dentro de la cronozona de *P. hantkeninoides*: *Archaeoglobigerina blowi*, *C. plicata* y *Contusotruncana walfischensis*. Estos bioeventos no son verdaderas extinciones, ya que se ha comprobado que éstas coinciden con el límite Cretácico/Terciario en cortes de las Cordilleras Béticas y Tunicia (ARZ, 2000). En Aïn Settara la potencia de esta subbiozona es de 30.5 metros en facies *flysch*. Como bioeventos más notables cabe destacar la extinción de *G. bulloides*, *G. gansseri* y *G. wiedenmayeri* y la desaparición local de *C. plicata*. Por último en Caravaca sólo se tiene registro de los últimos 8 metros de esta subbiozona, no produciéndose ningún hecho evolutivo destacable.

Subbiozona de *Plummerita hantkeninoides*

Definición: Subbiozona de extensión total desde la primera hasta la U.A. de *P. hantkeninoides*.

Autor: Esta biozona fue definida por ION & SZASZ (1994).

Edad: Maastrichtiense superior.

Observaciones: Recientemente se ha definido esta biozona para caracterizar la parte más alta del Maastrichtiense en las regiones tropicales y subtropicales. Se trata de una biozona muy útil a nuestro entender para evaluar la magnitud de los abundantes hiatos sedimentarios que suelen acompañar al límite K/T, dada su reducida extensión vertical y la morfología característica de la especie índice. Desde su definición ha sido utilizada en numerosos trabajos, entre los que cabe citar los de MOLINA et al. (1996a, 1998), PARDO et al. (1996), LI et al. (1999) y ARZ (2000).

Esta subbiozona sólo ha sido reconocida en los cortes situados en latitudes más bajas (Béticas y Tunicia). En Aïn Settara posee un total de 16.9 metros de potencia en facies fundamentalmente margosas y en Caravaca su

potencia es de 4.5 metros de margas con intercalaciones de calizas margosas en su parte inferior. Dentro de ella no se produce la primera aparición de ninguna especie de foraminíferos planctónicos. Por el contrario se han detectado las extinciones de especies como *A. cretacea* y *G. acuta* y las desapariciones locales de *R. pennyi* en Aïn Setarra y de *A. blowi* en Caravaca.

Cronoestratigrafía

Hasta la fecha no se ha publicado ningún estudio detallado sobre la magnetoestratigrafía de los cortes estudiados, salvo en el caso de Caravaca (SMIT, 1990). Sin embargo basándonos en la recopilación biocronoestratigráfica y paleomagnética de ROBASYNSKI & CARON (1995) para el Jurásico y Cretácico, en este trabajo sugerimos la calibración biomagnetoestratigráfica representada en la Figura 7. Dicha recopilación está basada en los datos magnetoestratigráficos de PREMOLI SILVA & SLITER (1994) en el corte del Bottaccione (Gubbio, Italia), en la escala cronoeestratigráfica propuesta por GRADSTEIN et al. (1994) para el Mesozoico y en las escalas bioestratigráficas de CARON (1985) y NEDERBRAGT (1991). Por último, las denominaciones dadas a las subdivisiones del Cron 32, que presenta pequeñas inversiones magnéticas, han sido tomadas de CANDE & KENT (1992) y están señaladas con el símbolo (*) en la figura 7. Dentro de este esquema, debemos hacer notar que la P. A. de *P. acervulinoides* se ha situado en una posición más baja que la señalada por ROBASYNSKI & CARON (1995), lo cual está de acuerdo con NEDERBRAGT (1991) y con lo que hemos observado en cortes del Tetis (ARZ, 2000).

En la actualidad, la posición del límite Campaniense/Maastrichtiense (C/M) ha sido revisada por el Grupo de Trabajo del Maastrichtiense (ODIN et al., 2001). En el pasado, la situación de este límite ha presentado problemas debido a que las regiones estratotípicas del Campaniense (Charentes, Francia) y del Maastrichtiense (Limburgo, Holanda) pertenecen a dos dominios paleogeográficos distintos. La primera región se encuadra dentro del dominio del Tetis (CLAUSER, 1994) o en un dominio intermedio (NEUMANN et al., 1985), mientras que la segunda es claramente boreal. Por otro lado, el límite C/M se haya muy mal representado en ambos dominios por la escasez de afloramientos y la existencia de hiatos sedimentarios (ROBASYNSKI & CARON, 1995).

Desde hace varias décadas, el marcador clásico para este límite en el dominio del Tetis ha sido la U. A. de *G. calcarata*, tal como se refleja en la casi totalidad de las escalas biocronoestratigráficas. En el dominio boreal, las escalas bioestratigráficas se han construido sobre todo a partir de especies de belemnites, situándose el límite en coincidencia con la P. A. de

Belemnella lanceolata. Las biozonaciones establecidas para el Tercis, basadas sobre todo en foraminíferos planctónicos, son difícilmente correlacionables con las del dominio boreal. Esto se debe a que *B. lanceolata* es una especie desconocida al sur del área de Maastricht (KENNEDY, 1983) y a que los foraminíferos planctónicos son escasos en dicha región, estando representados por un reducido número de especies con escaso valor estratigráfico y cuya presencia es muy ocasional (BELLIER & VILLAIN, 1975).

En el "Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries" celebrado en Bruselas en Septiembre de 1995 y tras discusiones posteriores, el Grupo de Trabajo del Maastrichtiense, bajo la dirección de G. S. Odin, votó para elegir el Estratotipo (*Global Stratotype Section and Point-GSSP*) del límite C/M. El resultado fue situar el límite C/M en el nivel 115.70 de la plataforma IV del corte de Tercis-les-Bains (Landes, Francia), propuesta que fue aprobada recientemente por la Comisión Internacional de Estratigrafía. Este horizonte está marcado por un total de 13 bioeventos, entre los que destaca la P. A. del ammonite *Pachydiscus neubergicus*, el cual se sitúa muy próximo a la P. A. de *R. scotti*. Según nuestros datos, la P. A. de *R. scotti* ocurre en la cota 116.8 del mismo perfil (ARZ & MOLINA, 2001). De acuerdo con ODIN (2001), la edad del nuevo límite C/M es de 72 millones de años y se situaría dentro del Cron 32 N 2 N (Figura 7).

Por otra lado, *P. neubergicus* ha sido citada en el perfil de Zumaya por WIEDMANN (1988), WARD (1988) y WARD et al. (1991). El primero de ellos distingue entre *P. neubergicus* s. str., cuya P. A. se produce en materiales en facies *flysch*, y *P. neubergicus* n. ssp., cuya P. A. acontece en las primeras calizas que marcan el cambio de una sedimentación *flysch* a una de tipo calcáreo. Por el contrario, WARD (1988) sitúa dicho bioevento dentro de los tramos de calizas, aunque posteriormente WARD et al. (1991) lo sitúan en una posición más baja coincidiendo con los primeros estratos calcáreos situados sobre el *flysch*, tal como había propuesto WIEDMAN (1988) para *P. neubergicus* n. ssp. Según nuestros datos, este último biohorizonte coincide con el de la P. A. de *R. scotti*, confirmando de este modo en Zumaya los resultados obtenidos en el perfil de Tercis.

Conclusiones

El estudio bioestratigráfico con foraminíferos planctónicos realizado en varios perfiles de los Pirineos, las Cordilleras Béticas y el Atlas Tunecino nos ha permitido establecer una subdivisión de la Biozonación de CARON (1985), proponiendo un total de 13 subbiozonas. En este trabajo se ha dividido el intervalo estudiado en: Campaniense superior (desde la primera aparición

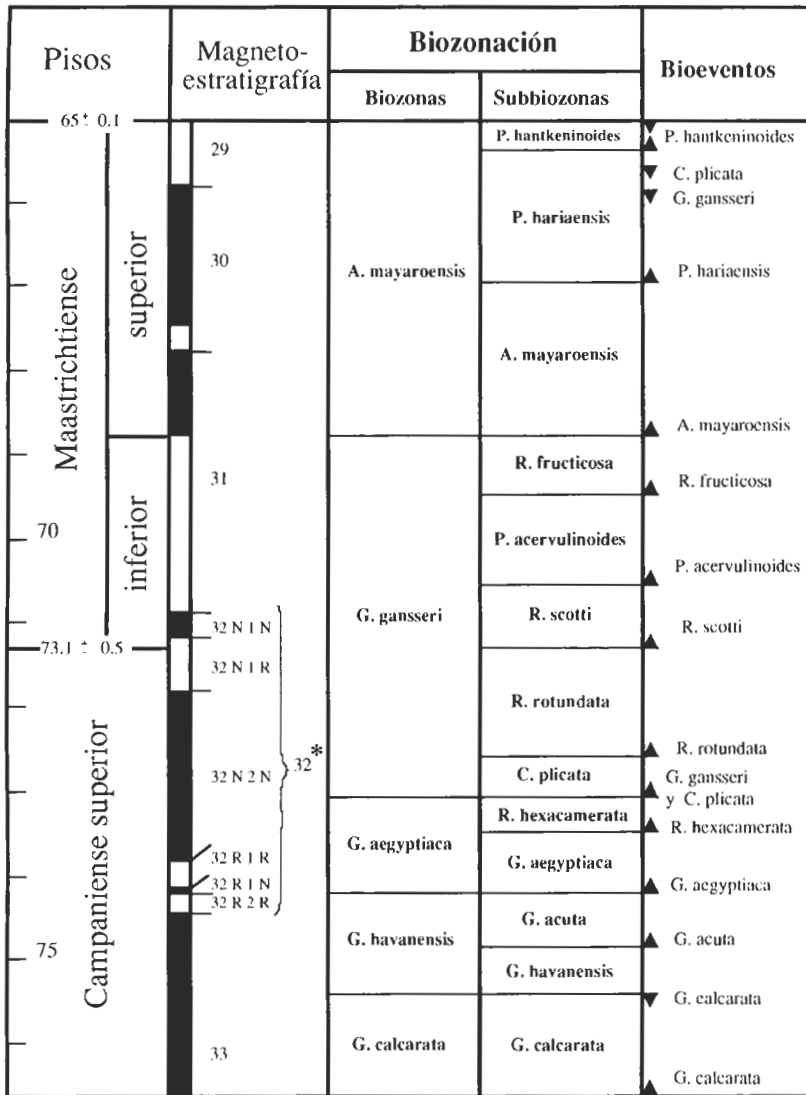


Fig. 7. Calibración biomagnetoestratigráfica con foraminíferos planctónicos. (*) subdivisiones del Cron 32 según CANDE & KENT (1992).

Fig. 7. Planktic foraminiferal biomagnetostratigraphic calibration. (*) subdivisions of the Chron 32 according to CANDE & KENT (1992).

de la especie *G. calcarata* hasta la primera aparición de *R. scotti*), Maastrichtense inferior (desde la primera aparición de la especie *R. scotti* hasta la primera aparición de *A. mayaroensis*) y Maastrichtense superior (desde la primera aparición de la especie *A. mayaroensis* hasta el límite K/T).

Las subbiozonas propuestas son las siguientes: Subbiozona de *Globotruncanita calcarata*, de *Globotruncanella havanensis*, de *Gublerina acuta*, de *Globotruncana aegyptiaca*, de *Rugoglobigerina hexacamerata*, de *Contusotruncana plicata* y de *Rugoglobigerina rotundata* (para el Campaniense superior); subbiozona de *Rugoglobigerina scotti*, de *Planoglobulina acervulinoides* y de *Racemiguembelina fructifera* (para el Maastrichtense inferior) y subbiozona de *Abathomphalus mayaroensis*, de *Pseudoguembelina hariaensis* y de *Plummerita hantkeninoides* (para el Maastrichtense superior).

El estudio bioestratigráfico de los cortes de Tercis y de Zumaya ha permitido comprobar que la primera aparición del ammonite *P. neubergicus*, que en la actualidad ha sido propuesta entre otros 13 bioeventos para situar el límite Campaniense/Maastrichtense, coincide aproximadamente con la primera aparición de *R. scotti*. Por ello la P. A. de *R. scotti* puede ser muy útil para caracterizar el límite C/M dentro de las escalas bioestratigráficas de foraminíferos planctónicos. En el presente trabajo, se propone situar este límite en coincidencia con la base de la subbiozona de *R. scotti*.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto DGES de España, número BTE 2001-1809, y los proyectos DGA P131/2001 y UZ 2001-CIEN-01. Agradecemos al Dr. DIRK MASUCH, Österreich su aportación en la traducción del resumen al idioma alemán y al Dr. GILLES SERGE ODIN por habernos facilitado el estudio micropaleontológico del corte de Tercis.

Referencias

- ABHATI, M. (1975): Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchung der Kreide/Alttertiär Grenze im Barranco del Gredero (Caravaca, Prov. Murcia SE-Spanien). – Tesis Doctoral Univ. Berlin (Inédita): 1-157.
- APELLANIZ, E., BACETA, J. I., BERNAOLA-BILBAO, G., NUÑEZ-BETELU, K., ORUE-ETXEBARRIA, X., PAYROS, A., PUJALTE, V., ROBIN, E. & ROCCHIA, R. (1997): Analysis of uppermost Cretaceous-lowermost Tertiary hemipelagic successions in the Basque Country (Western Pyrenees): evidence for a sudden extinction of more than half planktic foraminifer species at the K/T boundary. – Bull. Soc. géol. France, **168** (6): 783-793.

- ARENILLAS, I., ARZ, J. A. & MOLINA, E. (1998): El límite Cretácico/Terciario en Zumaya, Osinaga y Músquiz (Pirineos): control bioestratigráfico y cuantitativo de hiatos con foraminíferos planctónicos. – *Rev. Soc. Geol. España*, **11** (1-2): 127-138.
- ARENILLAS, I., ARZ, J. A., MOLINA, E. & DUPUIS, C. (2000a): An independent test of planktic foraminiferal turnover across the Cretaceous/Paleogene (K/P) boundary at El Kef (Tunisia): catastrophic mass extinction and possible survivorship. – *Micropaleontology*, **46** (1): 3-49.
- (2000b) Model and cause of extinction of planktic foraminifera across the Cretaceous/Tertiary boundary at Ain Settara, Tunisia. – *J. Foraminiferal Res.*, **30** (3): 46-62.
- ARZ, J. A. (2000): Los foraminíferos planctónicos del Campaniense y Maastrichtiense: Biostratigrafía, Cronoestratigrafía y eventos paleoecológicos. – Tesis Doctoral, Prentas Universitarias de Zaragoza: 1-419.
- ARZ, J. A. & MOLINA, E. (2001): Planktic foraminiferal quantitative analysis across the Campanian/Maastrichtian boundary at Tercis-les-Bains (France). – En: *The Campanian-Maastrichtian Stage Boundary: Characterisation at Tercis les Bains (France) and Correlation whit Europe and other Continents*, (ODIN, G. S., Ed.) IUGS Spec. Publ. (Monograph) ser., 36 and *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, **19**: 338-348 Elsevier Amsterdam.
- ARZ, J. A., ARENILLAS, I., MOLINA, E. & DUPUIS, C. (1999a): Tafonomía, bioestratigrafía y evolución de las asociaciones de foraminíferos planctónicos en el límite Cretácico/Terciario de Elles (Tunicia). – *Rev. Soc. Geol. España*, **12** (2): 251-268.
- ARZ, J. A., ARENILLAS, I. & MOLINA, E. (1999b): Extinción de foraminíferos planctónicos en el tránsito Cretácico-Terciario de Zumaya (Guipúzcoa): ¿supervivencia o reelaboración?. – *Rev. Españ. Micropaleont.*, **31** (3): 297-304.
- ARZ, J. A., ARENILLAS, I., MOLINA, E. & SEPÚLVEDA, R. (2000): La estabilidad faunística de los foraminíferos planctónicos en el Maastrichtiense superior y su extinción en masa catastrófica en el límite K/T de Caravaca (España). – *Rev. Geol. Chile*, **27** (1): 3-23.
- BELLIER, J. P. (1983): Foraminifères planctoniques du Crétacé de la Tunisie septentrionale: systématique, biozonation stratigraphique de l'Albien au Maastrichtien. – Thèse Doctoral d'Etat, Mém. Sci. de la Terre, Université Curie, Paris: 1-250.
- BELLIER, J. P. & VILLAIN, J. M. (1975): Globotruncanidae de la série type du Maastrichtien (Limbourg méridional). – *Cah. Micropaléont.*, **2**: 1-14.
- BOLLI, H. M. (1966): Zonación de sedimentos marinos del Cretáceo hasta el Plioceno, basada en Foraminíferos Planctónicos. – *Bol. Informat. Asoc. Venezolana Geol., Min. y Petról.*, **9** (1): 1-26.
- BRÖNNIMANN, P. (1952): Globigerinidae from the Upper Cretaceous (Cenomanian-Maastrichtian) of Trinidad. – *Bull. Amer. Paleont.*, **34** (140): 1-30.
- BURNETT, J. A., KENNEDY, W. J. & WARD, P. D. (1992): Maastrichtian nannofossil biostratigraphy in the Biscay region (south-western France, northern Spain). – *Newsl. Stratigr.*, **26** (2/3): 145-155.
- BUROLLET, P. F. (1956): Contribution à l'étude stratigraphique de Tunisie Centrale. – *Ann. Mines et Géol.*, **18**: 1-352.
- BUTT, A. (1981): Depositional environments of the Upper Cretaceous rocks in the northern part of the Eastern Alps. – *Cushman Found. Foramin. Res.*, **20**: 5-121.

- CANDE, S. C. & KENT, D. V. (1992): A new Geomagnetic Polarity Scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. – *J. Geophys. Res.*, **97** (B10): 917-951.
- CANUDO, J. I., KELLER, G. & MOLINA, E. (1991): Cretaceous/Tertiary boundary extinction pattern and faunal turnover at Agost and Caravaca, SE Spain. – *Marine Micropaleont.*, **17**: 319-341.
- CARON, M. (1985): Cretaceous planktic foraminifera. – En: *Plankton Stratigraphy* (H. M. BOLLI, J. B. SAUNDERS & K. PERCH-NIELSEN, Eds.). Cambridge University Press, New York, **1**: 17-86.
- CLAUSER, S. (1994): Etudes stratigraphiques du Campanien et du Maastrichtien de l'Europe Occidentale. Côte Basque, Charente (France) et Limbourg (Pays-Bas). Biochronologie, magnétostratigraphie, stratigraphie isotopique et radiochronologie comparées du domaine océanique et des régions stratotypiques. Contribution à la paléoclimatologie du Crétacé Supérieur. – *Doc. Bureau Rech. Géol. Min.*, **235**: 1-243.
- DE RUIG, M. J., SMIT, J., GEEL, T. & KOOL, H. (1991): Effects of the Pyrenean collision on the Paleocene stratigraphic evolution of the southern Iberian margin (southeast Spain). – *Geol. Soc. Amer., Bull.*, **103**: 1504-1512.
- DENHAM, C. R. & SCOTSE, C. R. (1987): *Terra Mobilis: A plate tectonic program for the Macintosh, version 1.1*. – *Geoimages*, Austin: 26.
- DUPUIS, C., STEURBAUT, E., MOLINA, E., RAUSCHER, R., TRIBOILLARD, N., ARENILLAS, I., ARZ, J. A., ROBASZYSKI, F., CARON, M., ROBIN, E., ROCCHIA, R. & LEFÈVRE, I. (2001): The Cretaceous-Paleogene (K/T) boundary in the Aïn Settar section (Kalaat-Senan, Central Tunisia): lithological, micropaleontological and geochemical evidence. – *Bulletin de L'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre* **71**: 169-190.
- EL-NAGGAR, Z. R. (1966): Stratigraphy and planktonic foraminifera in the Upper Cretaceous-Lower Tertiary succession in the Esna-Idfu region, Nile Valley, Egypt, U.A.R. – *Bull. Brit. Mus. Natur. Hist. (Geology)*, **2**: 1-291.
- FLORES, J. A., GOROSTIDI, A. & LAMOLDA, M. A. (1990): Implicaciones de la diagénesis en el análisis bioestratigráfico con nanoflora de tres secciones Maastrichtiense/Daniense de la región Vasco-Cantábrica. – *Comun. Reunión de Tafonomía y Fossilización*: 145-150; Madrid.
- GANDOLFI, R. (1942): Ricerche micropaleontologiche e stratigrafiche sulla Scaglia e sul Flysch dei dintorni di Balerna (Canton Ticino). – *Riv. Ital. Paleont.*, **48** (4): 1-160.
- GÓMEZ DE LLÁRENA, J. (1954): Observaciones geológicas en el Flysch Cretácico-Nummulítico de Guipúzcoa. I – *Monogr. Inst. "Lucas Mallada" C. S. I. C.*, **13**: 1-98.
- (1956): Observaciones geológicas en el Flysch Cretácico-Nummulítico de Guipúzcoa. II – *Monogr. Inst. "Lucas Mallada" C. S. I. C.*, **15**: 1-45.
- GÓMEZ-GARRIDO, A. (1989): Bioestratigrafía (foraminíferos planctónicos) del Cretácico Superior del Surpirineo central (España). – *Rev. Españ. Micropaleont.*, **21** (1): 145-171.
- GRADSTEIN, F. N., AGTERBERG, F. P., OGG, J. G., HARDENBOL, J., VAN VEEN, P., THIERRY, J. & HUANG, Z. (1994): A Mesozoic Time Scale. – *J. Geophys. Res.*, **99**: 24.051-24.074.

- GRADSTEIN, F. N., AGTERBERG, F. P., OGG, J. G., HARDENBOL, J. & BACKSTROM, S. (1999): On the Cretaceous time scale. – *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, **212** (1-3): 3-14.
- HERM, D. (1962): Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen der Oberkreide im Lattengebirge und im Nierental (Gosaubecken von Reichenhall und Salzburg). – *Abh. bayer. Akad. Wiss. München, math.- naturw. Kl.*, **104**: 1-119.
- (1965): Mikropaläontologisch-stratigraphische Untersuchungen im Kreideflysch zwischen Deva und Zumaya (Prov. Guipúzcoa, Nordspanien). – *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **115** (1): 277-348.
- HILLEBRANDT, A. VON (1974): Bioestratigrafía del Paleógeno en el Sureste de España (Provincias de Murcia y Alicante). – *Cuadernos Geol.*, **5**: 135-153.
- HINTE, J. E., VAN, (1976): A Cretaceous time-scale. – *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull.*, **60**: 269-287.
- HUBER, B. T. (1991): Planktonic foraminifer biostratigraphy of Campanian-Maastrichtian sediments from sites 698 and 700, southern south Atlantic. – *Proc. Ocean Drilling Progr., Sci. Res.*, **114**: 281-297.
- ION, J. & SZASZ, L. (1994): Biostratigraphy of the Upper Cretaceous in Romania. – *Cretac. Res.*, **15**: 59-87.
- JANSEN, H. & KROON, D. (1987): Maastrichtian foraminifers from site 605, Deep Sea Drilling, Project Leg 93, northwest Atlantic. – *Initial Rep. Deep Sea Drilling Proj., Washington D.C.*, **93**: 555-575.
- KAIHO, K. & LAMOLDA, M. (1999): Catastrophic extinction of planktonic foraminifera at the Cretaceous-Tertiary boundary evidenced by stable isotopes and foraminiferal abundance at Caravaca, Spain. – *Geology*, **27** (4): 355-358.
- KENNEDY, W. J. (1983): Conclusions au Colloque sur les étages Coniacien à Maastrichtien: Echelles biostratigraphiques. – *Géol. Méditerran.*, **10** (3-4): 413-434.
- LAMOLDA, M. A. (1982): Foraminíferos planctónicos del Cretácico Superior Vasco-Cantábrico: Distribución y bioestratigrafía. – *Cuadernos Geol. Iberica*, **8**: 111-123.
- (1983): Biostratigraphie du Maastrichtien basco-cantabrique; ses foraminifères planctoniques. – *Géol. Méditerran.*, **10** (3-4): 121-126.
- (1984): Foraminíferos planctónicos del Cretácico Superior Vasco-Cantábrico: Distribución y Bioestratigrafía. – *Cuadernos Geol. Ibérica*, **8**: 117-129.
- (1988): The Micropaleontology of the Zumaya Section. – *Field-Guide Excursion to the Cretaceous-Tertiary boundary section at Zumaya (northern Spain)*. – *Rev. Españ. Paleont., Nº Extr.*: 152-155.
- (1990): The Cretaceous-Tertiary boundary crisis at Zumaya (northern Spain) micropaleontological data. – *En: Extinction events in Earth History (E. G. KAUFFMAN & O. H. WALLISER, Eds.): Lecture Notes in Earth Sciences, Berlin*, **30**: 393-399.
- LAMOLDA, M. A. & GOROSTIDI, A. (1992): Nannofossil stratigraphic record in upper Maastrichtian-lowermost Danian at Zumaya (Northern Spain). – *Mem. Sci. Geol. Univ. Padova*, **43**: 149-161.

- LAMOLDA, M. A., RODRÍGUEZ-LÁZARO, J. M. & PROTO-DECIMA, F. (1981): Field Guide: Excursions to Conacian-Maastrichtian of Basque-Cantabric. – Publ. sobre Geol., Univ. Autónoma de Barcelona, **14**: 1-53.
- LI, L., KELLER, G. & STINNESBECK, W. (1999): The late Campanian and Maastrichtian in northwestern Tunisia: palaeoenvironmental inferences from lithology, macrofauna and benthic foraminifera. – *Cretac. Res.*, **20**: 231-252.
- LINARES, D. (1977): Foraminíferos planctónicos del Cretácico Superior de las Cordilleras Béticas (Sector Central). – Tesis Doctoral Univ. Málaga. Publ. Dep. Geol., Facult. Ci., Málaga: 1-410.
- MACLEOD, K. G. (1994a): Bioturbation, inoceramid extinction, and mid-Maastrichtian ecological change. – *Geology*, **22**: 139-142.
- (1994b): Extinction of Inoceramid bivalves in Maastrichtian strata of the Bay of Biscay region of France and Spain. – *J. Paleont.*, **68** (5): 1048-1066.
- MACLEOD, K. G. & ORR, W. N. (1993): The taphonomy of Maastrichtian inoceramids in the Basque region of France and Spain and the pattern of their decline and disappearance. – *Paleobiol.*, **19** (2): 235-250.
- MASTERS, B. A. (1977): Mesozoic planktonic foraminifera. A world-wide review and analysis. – En: *Oceanic Micropaleontology*. (A.T.S. RAMSAY, ed.) New York Academic Press, **1**: 301-372.
- MATHEY, B. (1982): El Cretácico Superior del Arco Vasco. – En: *El Cretácico en España*. Univ. Complutense Madrid: 111-135.
- MOLINA, E., ARENILLAS, I. & ARZ, J. A. (1996a): The Cretaceous/Tertiary boundary mass extinction in planktic foraminifera at Agost (Spain). – *Rev. Micropaléont.*, **39** (3): 225-243.
- MOLINA, E., ARENILLAS, I., ARZ, J. A., CANUDO, J. I., GONZALVO, C., ORTIZ, N. & PARDO, A. (1996b): Síntesis bioestratigráfica y eventos paleoceanográficos del Cretácico (Maastrichtiense) al Mioceno (Langhiense) basada en foraminíferos. – *Rev. Españ. Paleont.*, N° ext.: 192-200.
- MOLINA, E., ARENILLAS, I. & ARZ, J. A. (1998): Mass extinction in planktic foraminifera at the Cretaceous/Tertiary boundary in subtropical and temperate latitudes. – *Bull. Soc. géol. France*, **169** (3): 351-363.
- MOUNT, J. F. & WARD, P. (1986): Origin of limestone/marl alternations in the upper Maastrichtian of Zumaya, Spain. – *J. Sediment. Petrol.*, **56**: 228-236.
- NEDERBRAGT, A. J. (1991): Late Cretaceous biostratigraphy and development of Heterohelicidae (planktic foraminifera). – *Micropaleontology*, **37** (4): 329-372.
- NEUMANN, N., PLATEL, J. P., ANDREIEFF, P., BELLIER, J. P., DAMOTTE, R., LAMBERT, B., MASURE, E. & MONCIARDINI, C. (1985): Le Campanien stratotipique: étude lithologique et micropaléontologique. – *Géol. Méditerran.*, **10**: 41-57.
- ODIN, G. S. & ODIN, P. (1994): Première description d'une coupe dans la localité aturienne de Tercis (Landes): contribution à l'étude de la limite Campanien-Maastrichtien. – *Géol. de la France*, **2**: 31-37.
- ODIN, G. S. (2001): The Campanian-Maastrichtian boundary: correlation from Tercis (Landes, SW France) to Europe and other Continents. – En: *The Campanian-Maastrichtian Stage Boundary: Characterisation at Tercis les Bains (France) and Correlation with Europe and other Continents*, (G. S. ODIN, Ed.) IUGS Spec. Publ. (Monograph) ser., 36 and Developments in Palaeontology and Stratigraphy, **19**: 805-819, Elsevier Amsterdam.

- ODIN, G. S., ARZ, J. A., CARON, M., ION, J. & MOLINA, E. (2001): Planktonic foraminifera across the Campanian-Maastrichtian boundary at Tercis-les-Bains; Synthetic view and global correlative potential. – En: *The Campanian-Maastrichtian Stage Boundary: Characterisation at Tercis les Bains (France) and Correlation whit Europe and other Continents.* (ODIN, G. S., Ed.): IUGS Spec. Publ. (Monograph), ser., 36 and Developments in Palaeontology and Stratigraphy, **19**: 379-395, Elsevier Amsterdam.
- ODIN & MAASTRICHTIAN WORKING GROUP (2001): *The Campanian-Maastrichtian Stage Boundary: Characterisation at Tercis les Bains (France) and Correlation whit Europe and other Continents.* (ODIN, G. S, Ed.): IUGS Spec. Publ. (Monograph) ser., 36 and Developments in Palaeontology and Stratigraphy, **19**; 1-881, Elsevier Amsterdam.
- PARDO, A., ORTIZ, N. & KELLER, G. (1996): Latest Maastrichtian and Cretaceous-Tertiary boundary foraminiferal turnover and environmental changes at Agost, Spain. En: *Cretaceous-Tertiary mass extinctions. Biotic and environmental changes* (MAC LEOD, N.; KELLER, G. eds.), Norton Press, p. 139-171; New York.
- PERCH-NIELSEN, K. (1979): Calcareous nannofossils at the Cretaceous-Tertiary Boundary near Biarritz, France. – *Cretaceous-Tertiary boundary events II. Proceedings* (W. K. CHRISTENSEN & T. BIRKELUND eds.): 151-155.
- PERCIVAL, S. F. & FISCHER, A. G. (1977): Changes in calcareous nannoplankton in the Cretaceous-Tertiary biotic crisis at Zumaya, Spain. – *Evolutionary Theory*, **2**: 1-35.
- PESSAGNO, E. A. (1967): Upper Cretaceous planktonic foraminifera from the western Gulf Coastal Plain. – *Paleontogr. Amer.*, **5** (37): 245-445.
- PEYPOUQUET, J. P., GROUSSET, F. & MOURGUIART, P. (1986): Paleooceanography of the Mesogean Sea based on ostracods of the northern Tunisian continental shelf between the Late Cretaceous and Early Paleogene. – *Geol. Rdsch.*, **75** (1): 159-174.
- POSTUMA, J. A. (1971): *Manual of planktonic Foraminiferida.* – Elsevier Publishing Company, Amsterdam: 1-420.
- PREMOLI SILVA, I. & BOERSMA, A. (1977): Cretaceous planktonic foraminifers DSDP Leg 39 (South Atlantic). – *Init. Rep. Deep Sea Drilling Proj.*; Washington, D.C., **39**: 615-631.
- PREMOLI SILVA, I. & SLITER, W. V. (1981): Cretaceous planktonic foraminifers from the Nauru Basin, Leg 61, Site 462, Western Equatorial Pacific. – *Init. Rep. Deep Sea Drilling Proj.*, Washington, D.C., **61**: 423-437.
- (1994): Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy and evolutionary trends from the Bottaccione section, Gubbio, Italy. – *Paleont. Ital.*, **82**: 1-89.
- PUJALTE, V., BACETA, J. I., DINARÈS-TURELL, J., ORUÉ-ETXEBARRÍA, X., PARÈS, J. M. & PAYROS, A. (1995): Biostratigraphic and magnetostratigraphic intercalibration of latest Cretaceous and Paleocene depositional sequences from the deep-water Basque basin, western Pyrenees, Spain. – *Earth and Planetary Sci. Lett.*, **136**: 17-30.
- PUJALTE, V., ROBLES, S., BACETA, J. I. & ORUÉ-ETXEBARRÍA, X. (1992): Latest Cretaceous-Early Eocene sedimentation in the deep-water Basque Basin (northern Spain): eustatic and tectonic influences. – *Field-trip guide in conjunction with the International Symposium "Sequence Stratigraphy of European Bassins". CNRS-IFP, Dijon*: 1-42.

- PUJALTE, V., ROBLES, S., ZAPATA, M., ORUÉ-ETXEBARRÍA, X. & GARCÍA-PORTERO, J. (1989): Sistemas sedimentarios, secuencias deposicionales y fenómenos tectoestratigráficos del Maastrichtiense superior-Eoceno inferior de la Cuenca Vasca (Guipúzcoa y Vizcaya). – En: Libro Guía Excursiones Geológicas. XII Congr. Español Sedimentol. (Ed. S. ROBLES): 47-88.
- RAMÍREZ DEL POZO, J. (1971): Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España. I-II. – Mem. I. G. M. E., **78**: 1-357.
- ROBASZYNSKI, F. & CARON, M. (1995): Foraminifères planctoniques du Crétacé: commentaire de la zonation Europe-Méditerranée. – Bull. Soc. géol. France, **166** (6): 681-692.
- ROBASZYNSKI, F., CARON, M., GONZÁLEZ DONOSO, J. M., WONDERS, A. A. H. & EUR. WORK. GROUP PLANKT. FORAM. (1984): Atlas of Late Cretaceous Globotruncanids. – Rev. Micropaleont., **26** (3-4): 1-305.
- SALAJ, J. & SAMUEL, O. (1984): Microbiostratigraphical division of West-Carpathian Mesozoic and Paleogene. – Západné Karpaty, (Paleont.), **9**: 11-71.
- SIGAL, J. (1977): Essai de zonation du Crétacé Méditerranéen à l'aide des foraminifères planctoniques. – Géol. Méditerr., **4**: 99-108.
- SKOURTSIS, V. & SOLAKIUS, N. (1991): Upper Cretaceous planktonic foraminifera from the Epirus Phosphorites, North-Western Greece. – Rev. Españ. Micropaleont., **23** (1): 119-136.
- SLITER, W. V. (1984): Foraminifers from Cretaceous limestone of the Franciscan complex, Northern California. – Franciscan Geology of Northern California: Pacific Section S.E.P.M. (Ed.: BLAKE, M. C. Jr.), **43**: 149-162.
- SMIT, J. (1977): Discovery of a planktonic foraminiferal association between the *Abothomphalus mayaroensis* zone and the "*Globigerina*" *eugubina* zone at the Cretaceous Tertiary boundary in the barranco del Gredero (Caravaca, SE Spain): A Preliminary Report. I and II. – Proc. Koninkl. Akad. Wetensch., (B), **80** (4): 280-301.
- (1982): Extinction and evolution of planktonic foraminifera after a mayor impact at the Cretaceous-Tertiary boundary. – Geol. Soc. Amer., Spec. Pap., **190**: 329-352.
- (1990): Meteorite impact, extinctions and the Cretaceous-Tertiary boundary. – Geol. en Mijnbouw, **69**: 187-204.
- SMITH, CH. C. & PESSAGNO, E. A. (1973): Planktonic foraminifera and Stratigraphy of the Corsicana Formation (Maastrichtian) North-Central Texas. – Cushman Foundation Foram. Res. Spec. Publ., **112**: 1-68.
- SOLAKIUS, N. (1983): Biozonation of the Maastrichtian of section II at Kef en Nsoura, Tunisia, and taxonomy of some Globotruncanidae. – Rev. Españ. de Micropaleont., **15** (2): 241-256.
- VERA, J. A., GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., LÓPEZ GARRIDO, A. C., COMAS, M. C., RUIZ ORTIZ, P. A. & MARTIN ALGARRA, A. (1982): El Cretácico de la Cordilleras Béticas. En: El Cretácico en España., Univ. Complutense Madrid: 151-569.
- WARD, P. D. (1988): Maastrichtian Ammonite and Inoceramid ranges from Bay of Biscay Cretaceous-Tertiary boundary sections. – Rev. Españ. Paleont., N° **Extr.**: 119-126.

- WARD, P. D., WIEDMANN, J. & MOUNT, J. F. (1986): Maastrichtian molluscan biostratigraphy and extinction patterns in a Cretaceous-Tertiary boundary section exposed at Zumaya, Spain. – *Geology*, **14**: 899-903.
- WARD, P. D., KENNEDY, W. J., MACLEOD, K. G. & MOUNT, J. F. (1991): Ammonite and inoceramid bivalve extinction patterns in Cretaceous/Tertiary boundary sections of the Biscay region (southwestern France, northern Spain). – *Geology*, **19**: 1181-1184.
- WIEDMANN, J. (1988): The Basque coastal sections of the K/T boundary A key to understanding “Mass Extinction” in the fossil record. – *Rev. Españ. Paleont.*, **Nº Extr.**: 127-140.
- WONDERS, A. A. H. (1980): Middle and Late Cretaceous planktonic foraminifera of the Western Mediterranean area. – *Utrecht Micropaleont. Bull.*, **24**: 1-158.

Eingegangen am 3. Juni 2000.

Von der Tübinger Schriftleitung zum Druck angenommen am 3. November 2000.

Direcciones de los autores:

Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO ARZ, Departamento de Ciencias de la Tierra, (Paleontología), Universidad de Zaragoza, E-50009 Zaragoza, España.

Prof. Dr. EUSTOQUIO MOLINA, Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología), Universidad de Zaragoza, E-50009 Zaragoza, España.