

CORRELACIÓN PALEOCEANOGRÁFICA MEDIANTE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS DEL TRÁNSITO EOCENO MEDIO-EOCENO SUPERIOR ENTRE LA CORDILLERA BÉTICA Y EL PIRINEO

Concepción Gonzalvo

Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología). Universidad de Zaragoza. 50009-ESPAÑA

Institut und Museum für Geologie und Palaeontologie. Universität Tübingen. ALEMANIA.

Resumen: El análisis cuantitativo de los foraminíferos planctónicos del tránsito Eoceno medio-Eoceno superior en la sección de Torre Cardela (Cordillera Bética) y en la de Artieda (Pirineos) ha permitido reconocer los eventos faunísticos más importantes que acontecieron en este tránsito y la comparación de ambas secciones representantes de dos paleoambientes diferentes. Durante la última parte del Eoceno medio se produjeron una serie de extinciones progresivas que se aceleran en la Biozona de *Truncorotaloides rohri*. Este evento de extinción supone la desaparición de los foraminíferos muricados del Eoceno medio, *Acarinina*, *Morozovella* y *Truncorotaloides*. El cambio en la asociación faunística durante el límite Eoceno medio/Eoceno superior indica un enfriamiento de las aguas superficiales donde vivían los foraminíferos planctónicos. Este enfriamiento corresponde con el comienzo del enfriamiento climático que tiene lugar durante del Eoceno superior y Oligoceno.

Palabras clave: Eoceno, Cordillera Bética, Pirineo, paleoambiente.

Abstract: Planktic foraminiferal quantitative analysis of the middle-late Eocene transition at Torre Cardela (Betic Cordillera) and Artieda (Pyrenees) shows a succession of events in the foraminiferal assemblages between late middle Eocene and early late Eocene. A number of progressive extinctions occurred during the late middle Eocene (*Acarinina bullbrooki* Biozone) and the extinctions accelerated at the *Truncorotaloides rohri* Biozone. These events produce the disappearance of the middle Eocene muricate foraminifera: *Acarinina*, *Morozovella*, *Truncorotaloides*. The faunal turnover at the middle Eocene/late Eocene boundary indicates a surface water cooling. The major species changes are associated to the global cooling that began during the late middle Eocene.

Key words: Eocene, Betic Cordillera, Pyrenees, paleoenvironment.

Gonzalvo, C. (1997): Correlación paleoceanográfica mediante foraminíferos planctónicos del tránsito Eoceno medio-Eoceno superior entre la Cordillera Bética y el Pirineo. *Rev. Soc. Geol. España*, 10 (1-2): 29-38.

Actualmente, el límite Eoceno medio/Eoceno superior es objeto de intensos estudios, debido principalmente a que la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Paleógeno tiene como objetivo definir su estratotipo de límite. Los foraminíferos planctónicos sufrieron un gran cambio faunístico durante el tránsito Eoceno medio-superior (Blow, 1979; Keller, 1983; Toumarkine y Luterbacher, 1985; Keller y MacLeod, 1992; Canudo *et al.*, 1993). Este cambio en las asociaciones de foraminíferos planctónicos y en otros indicadores faunísticos e isotópicos (Prothero y Berggren, 1992) indican que a partir del final del Eoceno medio, y hasta el Oligoceno, se produjo la mayor caída de la temperatura global desde el Mesozoico (Kennett, 1977; Barrera y Huber, 1991).

En el tránsito Eoceno-Oligoceno se produce la extinción gradual de numerosas especies de foraminífe-

ros planctónicos (Molina, 1986; Molina *et al.*, 1986, 1988; Gonzalvo y Molina, 1992; Molina *et al.*, 1993). Estas extinciones comenzaron en el tránsito Eoceno medio-superior, produciéndose un importante evento de extinción que tiene lugar en este límite (Gonzalvo y Molina, en prensa). Este evento consiste en la desaparición de las especies típicas del Eoceno medio, con pared muricada y espinosas (*Morozovella*, *Truncorotaloides* y *Acarinina*). Estas especies, cuya morfología denota una avanzada especialización, son sustituidas por otras de morfología más simple.

El objetivo de este estudio es correlacionar las asociaciones de foraminíferos planctónicos en el tránsito Eoceno medio-superior, analizando en detalle la extinción de las especies típicas del Eoceno medio, el relevo por otras menos especializadas, y las implicaciones paleoceanográficas que este evento conlleva. En este sen-

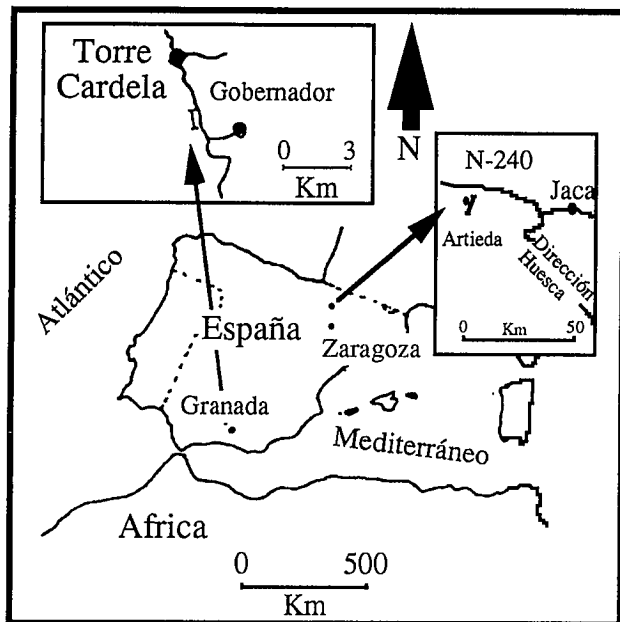


Figura 1.- Situación geográfica de los cortes estudiados.

tido, se discute si el cambio faunístico es acorde con el descenso de la temperatura de las aguas oceánicas que comienza, a escala global, durante el final del Eoceno medio. Con estas finalidades se han estudiado dos cortes, uno en el Pirineo y otro en la Cordillera Bética, que permiten el detallado estudio cuantitativo de los foraminíferos planctónicos de este tránsito y la correlación entre dos paleoambientes situados en diferentes latitudes.

Material y métodos

El perfil de Torre Cardela se sitúa geográficamente al Sur de la Península Ibérica, en el Norte de la provincia de Granada (Fig. 1), concretamente en el punto kilométrico 186 de la trinchera Oeste de la carretera N-324 (Córdoba-Almería, por Jaén), al Sur de la población de Torre Cardela. Geológicamente, se encuentra en la Zona Subbética de la Cordillera Bética, que forma parte de los orógenos alpinos y es el extremo más occidental de los mismos. La serie sedimentaria, a la que pertenece el corte, se incluye en la Formación Cañada, que pertenece al Grupo Cardela (Comas, 1978). El corte de Torre Cardela consiste en alrededor de 250 m de potencia de sedimentos margosos con algunas intercalaciones de niveles calcareníticos y/o areniscosos. Esta unidad turbidítica se depositó en la zona distal de un talud. En este trabajo se ha estudiado el tramo de perfil que comprende el tránsito Eoceno medio-superior, unos 70 m, donde se han estudiado un total de 30 muestras, que han revelado una fauna muy abundante de foraminíferos planctónicos generalmente bien conservados.

El corte de Artieda está situado al Norte de la provincia de Zaragoza, al ESE del Pantano de Yesa. A éste

se accede desde la carretera N-240 (Jaca-Pamplona) por el desvío a Sos del Rey Católico (Fig.1). Geológicamente, se sitúa en el extremo aragonés más occidental de la Cuenca de Jaca. Los materiales estudiados pertenecen a la secuencia deposicional de Jaca (Remacha *et al.*, 1987; Canudo y Molina, 1988), y se han identificado como pertenecientes a la Formación Margas de Pamplona (Puigdefábregas, 1975). El corte consiste en más de 600 m de margas gris-azuladas con intercalaciones ocasionales de niveles areniscosos de potencia centimétrica, en régimen de sedimentación turbidítica. Se ha seleccionado para este estudio la parte que comprende el tránsito Eoceno medio-superior, que son 270 m de sedimento donde se han estudiado 40 muestras las cuales contienen una fauna poco abundante de foraminíferos planctónicos.

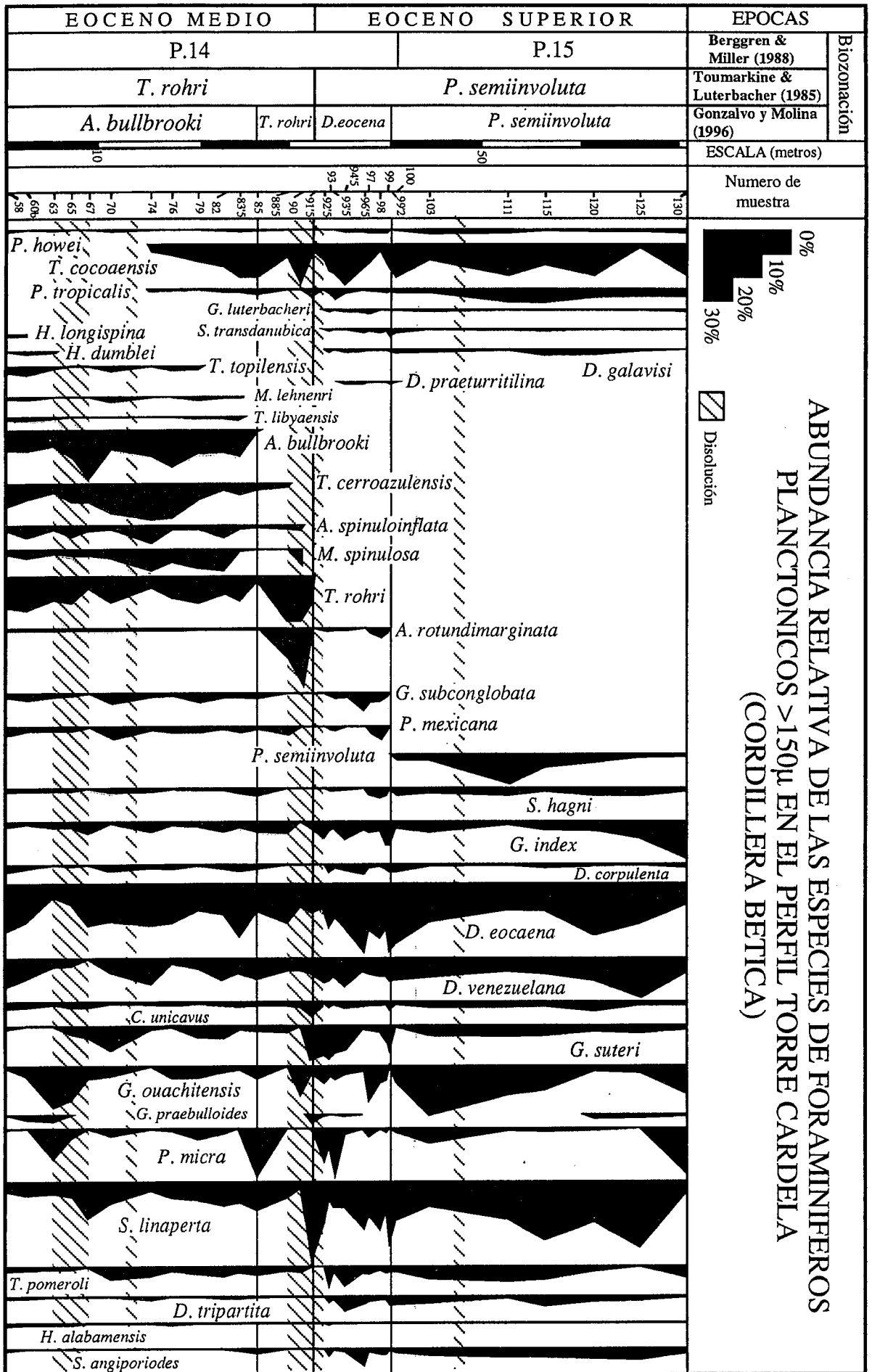
Las muestras recogidas se han preparado mediante la técnica de levigado y se han estudiado cuantitativamente. Para ello se han disgregado las muestras añadiendo agua oxigenada en una proporción del 10%. Una vez disgregada la muestra se hace pasar por tamices y se recoge separadamente el residuo que queda en los tamices de luz de malla de 150 y 63 μm . Posteriormente, se estudia de forma cuantitativa la fracción mayor de 150 μm de cada muestra representativa obtenida con un microcuarteador Otto modificado, separando y determinando alrededor de 300 ejemplares en una celdilla numerada. Finalmente, se realiza una revisión detallada de la fracción mayor de 63 μm , ya que algunas especies, por su pequeño tamaño, están representadas en esta fracción, estimando su abundancia en el cuadro semicuantitativo y evitando así la pérdida de información. Asimismo, se revisa la fracción mayor de 150 μm para buscar las especies raras inferiores al 1%.

Bioestratigrafía

La utilización de los foraminíferos planctónicos en bioestratigrafía ha sido la principal aplicación de estos fósiles durante años. Tradicionalmente, el tránsito Eoceno medio-superior ha estado representado por dos biozonas, Biozona de *Truncorotaloides rohri*, también llamada P.14, y Biozona de *Porticulasphaera semiinvoluta*, o P.15. El límite entre ambas varía de biohorizonte según el autor que las ha utilizado. Para unos es la última aparición de *T. rohri* (Bolli, 1957; Stainforth *et al.*, 1975; Toumarkine y Luterbacher, 1985) y para otros la primera aparición de *P. semiinvoluta* (Bolli, 1966; Blow, 1979; Berggren y Miller, 1988), no quedando claro si ambos biohorizontes se solapan o bien se suceden simultáneamente en el tiempo. El estudio detallado de la distribución de los foraminíferos planctónicos en los perfiles de Torre Cardela y Artieda permite ver claramente cómo se suceden estos eventos de extinción y aparición.

En primer lugar, la última aparición de *T. rohri* y la primera aparición de *P. semiinvoluta* no se producen simultáneamente ni se solapan en el tiempo. Por el con-

Figura 2.- Distribución cuantitativa de los foraminíferos planctónicos en el corte de Torre Cardela (Cordillera Bética).



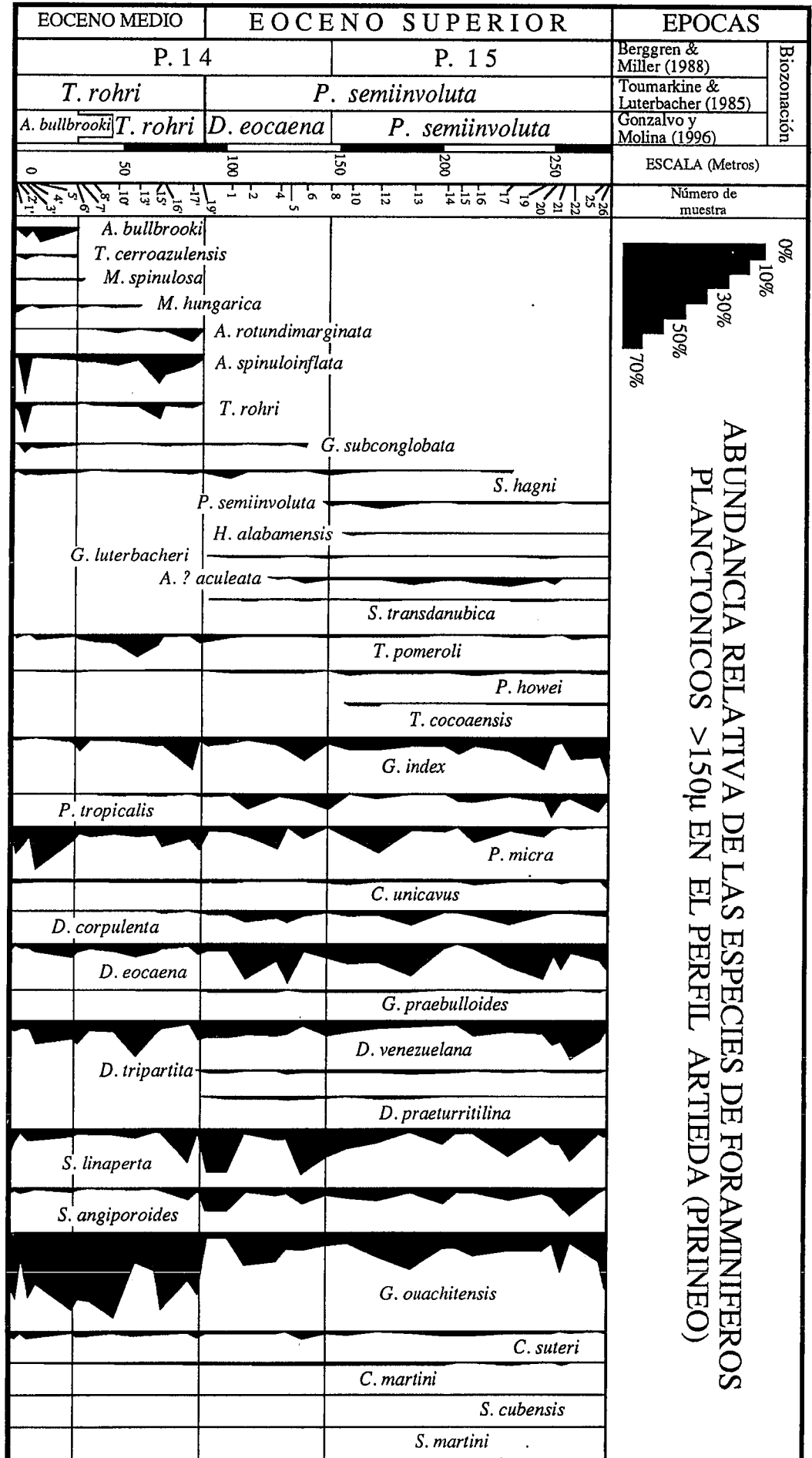


Figura 3.- Distribución cuantitativa de los foraminíferos planctónicos en el corte de Artieda (Pirineo).

trario, entre ambos biohorizontes existe un intervalo de tiempo representado por 7 m de sedimentos en Torre Cardela y por 45 m en el perfil de Artieda, mucho más potente (Figs. 2 y 3). Esto ya fue puesto de manifiesto por Canudo y Molina (1992) en su biozonación establecida para el Pirineo.

En segundo lugar, si este intervalo también existe en latitudes subtropicales-tropicales, como ocurre en el perfil de Torre Cardela, parece pues un fenómeno global. En este sentido, también otros autores como Haggag (1990) y Haggag y Bolli (1995, 1996) han encontrado un intervalo estratigráfico entre la extinción de *T. rohri* y la primera aparición de *P. semiinvoluta*, que han denominado Biozona de *P. pseudoampliapertura*, totalmente correlacionable con la Biozona de *Dentoglobigerina eocaena* utilizada en este trabajo. Los casos en los que se han encontrado coexistiendo a ambas especies durante el tránsito Eoceno medio-superior pueden ser consecuencia de un defecto en el muestreo poco detallado de los sondeos DSDP estudiados, o bien en la existencia de un hiato durante este tránsito, que puede afectar a los sondeos en mayor o menor medida dependiendo de la profundidad de éstos. Este hiato se ha observado en los siguientes sondeos del programa DSDP: Sites 612, 94, 219, 363, 401, 116 y 277 (Keller, 1983; Molina *et al.*, 1993; Gonzalvo, 1994).

Este hiato presente en sondeos oceánicos se puede correlacionar con un nivel de disolución que aparece en el perfil de Torre Cardela. Este nivel de disolución, juntos los otros tres niveles que aparecen, dos de ellos en el Eoceno medio y el otro en la parte inferior del Eoceno superior, afectan en la conservación y la abundancia de los foraminíferos planctónicos, pero no influyen sobre el estudio cuantitativo, y por tanto las diferencias entre los dos perfiles en el límite Eoceno medio/Eoceno superior no son causadas por la presencia de uno de estos niveles en el límite.

Otro evento bioestratigráfico tradicionalmente aceptado durante los últimos años era el de la extinción simultánea de las especies típicas del Eoceno medio: *T. rohri*, *Acarinina bullbrooki*, *Morozovella spinulosa*, *Morozovella lehneri* o *Acarinina spinuloinflata*, suponiendo este evento el final del Eoceno medio (Toumarkine y Luterbacher, 1985; Premoli Silva y Boersma, 1988; Blow, 1979). En realidad, las extinciones de los típicos foraminíferos del Eoceno medio comienzan en la Biozona de *M. lehneri* (P.12), pero se aceleran en la base de la Biozona de *T. rohri* (P.14) de Blow (1979) (Figs. 2 y 3), y el mayor número de extinciones sucede en la mitad superior de esta última biozona. Se trata de la desaparición escalonada de especies tales como *Truncorotaloides topilensis*, *M. lehneri*, *Truncorotaloides libyaensis*, *M. spinulosa*, *A. bullbrooki*, *A. spinuloinflata* y *T. rohri* (Figs. 2 y 3). Esta última especie podría ser un buen marcador bioestratigráfico del límite Eoceno medio/Eoceno superior. Debido a que es el último representante de los foraminíferos planctónicos más típicos del Eoceno me-

dio, formas de pared muricada con aspecto espinoso, es una especie fácilmente identificable y es internacionalmente admitido que su extinción está relacionada con el límite Eoceno medio/Eoceno superior. Esta serie de extinciones escalonadas permite establecer una biozonación más detallada (Gonzalvo y Molina, en prensa), que ha sido la utilizada en este trabajo: Biozona de *A. bullbrooki* y Biozona de *T. rohri* para el Eoceno medio, y Biozona de *Dentoglobigerina eocaena* y Biozona de *P. semiinvoluta* para el Eoceno superior.

Correlación paleoambiental

El estudio cuantitativo de las especies de foraminíferos planctónicos permite obtener información de los cambios paleoambientales que se suceden en el tiempo. Partiendo del conocimiento de las preferencias paleobatimétricas y latitudinales de algunas especies y de sus asociaciones se puede conocer la evolución de las masas de agua en el pasado.

El análisis sobre el oxígeno y el carbono isotópico de las conchas de los foraminíferos planctónicos permite conocer algunas de sus características paleoecológicas (Premoli Silva y Boersma, 1988; Boersma y Premoli Silva, 1986; Boersma, Premoli Silva y Shackleton, 1987; Keller, 1982, 1983; Keller, MacLeod y Barrera, 1992 y Keller y MacLeod, 1992). Estas investigaciones pueden ser aplicadas al estudio cuantitativo de los foraminíferos planctónicos para conocer algunas variaciones paleoambientales y paleoceanográficas de las masas de agua donde vivían.

La Cuenca Pirenaica, abierta al Atlántico Norte, pero situada en un golfo, tiene un marco tectónico muy activo debido a la formación de la Cordillera Pirenaica. Esto supuso gran aporte de detríticos y poca profundidad de cuenca. La Cuenca Bética debido a su posición latitudinal debió evolucionar bajo condiciones de ambiente subtropical más cálido que en la Cuenca Pirenaica, de mar abierto y profundo con pocos aportes detríticos.

Esto último es claramente visible por la diferencia existente entre las asociaciones de una y otra cuenca. Mientras que durante el Eoceno medio, en la Cuenca Bética la asociación esta mayormente representada por especies de morfología especializada, compleja, con pared muricada y morfología espinosa como *T. rohri*, *A. bullbrooki*, *T. topilensis*, *M. lehneri*, *M. spinulosa*, *T. libyaensis*, *A. rotundimarginata*, *A. spinuloinflata* o *Hantkenina dumblei*, en la Cuenca Pirenaica la asociación está dominada por especies de morfología más simple, como *Globigerina ouachitensis*. Aunque están representados *A. bullbrooki*, *T. rohri*, *M. spinulosa*, *A. rotundimarginata* o *A. spinuloinflata*, faltan las especies más típicamente tropicales del Eoceno medio, como son alguna especie del género *Hantkenina*, *T. libyaensis* o *M. lehneri*. Como se aprecia en las figuras 2 y 3, la diferencia cuantitativa de las especies de ambiente tropical o subtropical entre una y otra cuenca es

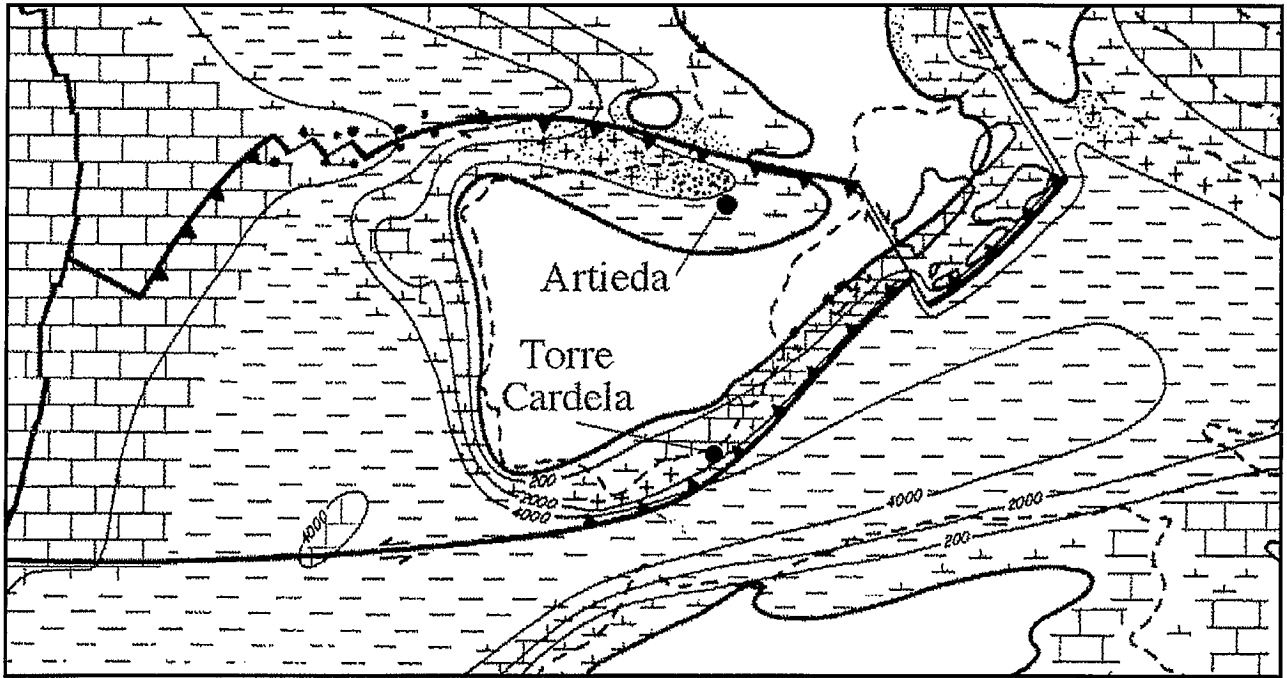


Figura 4.- Situación paleogeográfica de los cortes estudiados. Basado en Uchupi (1988).

bastante significativa. Así, la asociación de foraminíferos planctónicos del Eoceno medio en la Cuenca Bética es típica de aguas oceánicas oligotróficas, formada mayoritariamente por especies de estrategia k, especialistas, mientras que la asociación en la Cuenca Pirenáica es típica de aguas mesotróficas, formada tanto por especies de estrategia k como de estrategia r (oportunistas) (Hallock, Premoli Silva y Boersma, 1991). La diferencia en el porcentaje de especies de carácter marcadamente tropical entre las asociaciones de foraminíferos planctónicos de una y otra cuenca, alrededor del 50 % en el perfil de Torre Cardela y 25 % en Artieda en el techo de la Biozona de *A. bullbrooki*, indica que la Cuenca Bética recibía corrientes de aguas oceánicas más cálidas que las aguas oceánicas de la Cuenca Pirenáica.

Durante el Eoceno superior la situación es muy parecida, aunque han desaparecido las típicas especies de pared muricada del Eoceno medio, para dar paso a otras especies de morfología menos compleja, algunas de ellas de marcado carácter tropical o subtropical. La diferencia entre las asociaciones del Eoceno superior es notable. En la Cuenca Pirenáica, a comienzos del Eoceno superior, desciende el porcentaje de *G. ouachitensis* y aumenta el de especies como *S. linaperta*, *D. eocaena*, *D. venezuelana*, de carácter más profundo que *G. ouachitensis* (Keller y MacLeod, 1992); por lo tanto, parece haber una profundización de la cuenca o una subida relativa del nivel del mar. En la Biozona de *P. semiinvoluta* aparecen especies de preferencias tropicales, como *Hantkenina alabamensis*, *Turborotalia cocoaensis*, *P. semiinvoluta*, y aumenta el porcentaje de *Porticulasphaera tropicalis*, pero el porcentaje que ocupan estas especies en la asociación

faunística en la Cuenca Pirenáica es mucho menor que en la Cuenca Bética. Así, mientras que el máximo cuantitativo de *T. cocoaensis* en la Cuenca Pirenáica es del 2,3%, en las Béticas alcanza el 17% en el mismo intervalo de tiempo (Figs. 2 y 3). Algo similar ocurre con el porcentaje de *P. semiinvoluta*, representada por un máximo del 6% en el Pirineo y alcanzando un 13% en la Cuenca Bética. Se trata pues de dos cuencas de paleoambientes diferentes, una paleobiogeográficamente tropical, la Bética, y la otra, la Pirenáica, subtropical.

Al analizar la problemática de las extinciones durante del tránsito Eoceno medio-superior, puede observarse cómo se produce la extinción progresiva de un total de 11 especies entre las biozonas de *A. bullbrooki* (Figs. 2 y 3) y la de *D. eocaena*. De estas once, ocho se extinguieron en la Biozona de *T. rohri*, antes del límite Eoceno medio/Eoceno superior en el perfil de Torre Cardela, y siete en el perfil de Artieda. Sólo una especie, *A. rotundimarginata*, se extingue en diferente intervalo de tiempo en un perfil y en otro. En Torre Cardela desaparece en el Eoceno superior, Biozona de *D. eocaena*, mientras que en Artieda se extingue junto con *T. rohri*. Esta diferencia en la última aparición de esta especie puede explicarse por la temperatura más cálida de las masas de agua de la Cuenca Bética, que permiten que esta especie pueda permanecer durante el comienzo del Eoceno superior, a pesar del descenso global en la temperatura de las aguas. La mayor parte de las especies que se extinguieron al final del Eoceno medio tenían un hábitat superficial por lo que la diferencia de profundidad entre las dos cuencas no debió influir sobre los distintos momentos de extinción de algunas especies, como *A. rotundimarginata*.

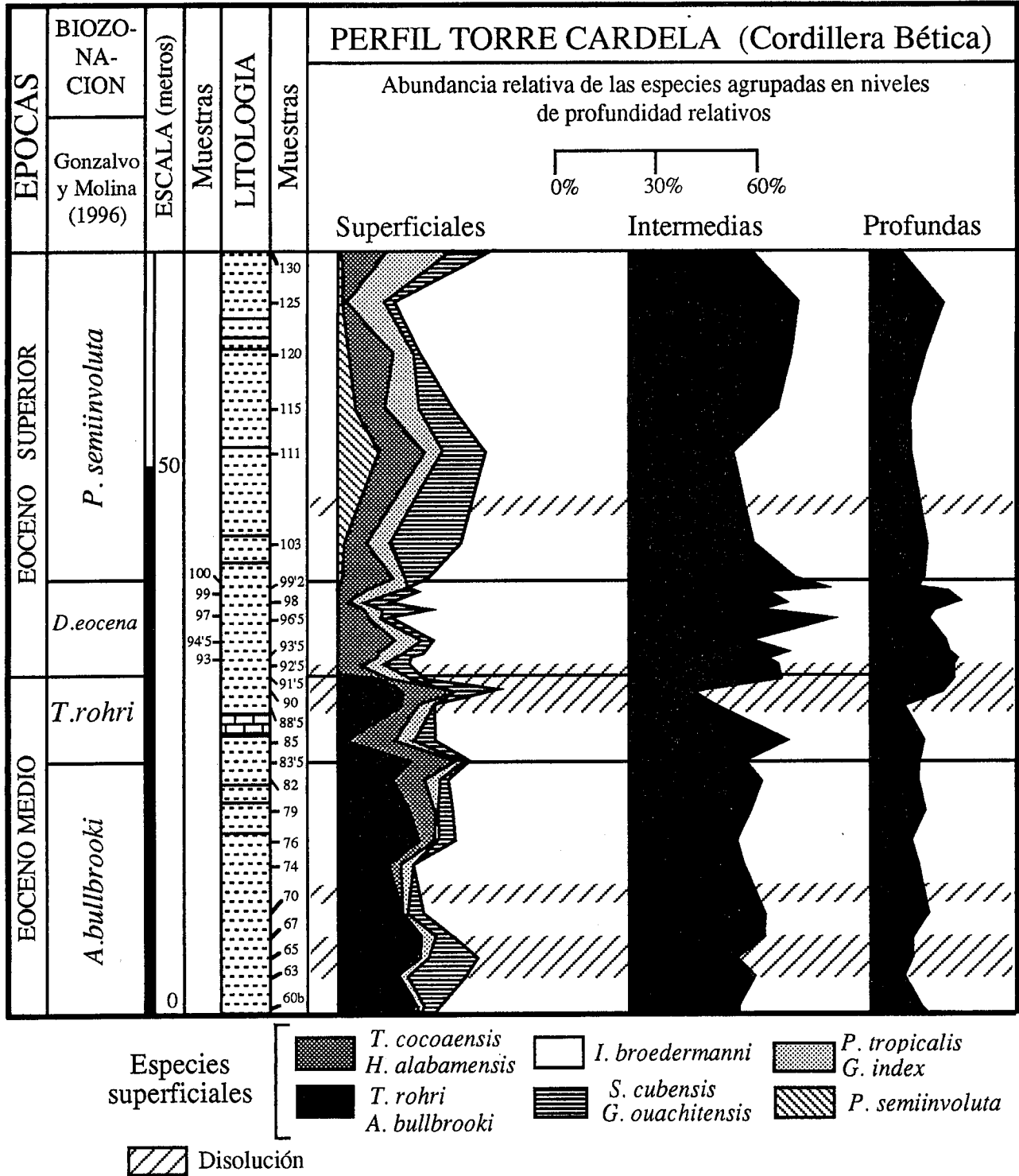


Figura 5.- Distribución cuantitativa de las especies agrupadas en superficiales, intermedias y profundas en el corte de Torre Cardela.

Las primeras especies en extinguirse son las más especializadas, tales como *Hantkenina longispina* y *H. dumblei*, en la base de la Biozona de *A. bullbrooki*, y continúa con la última aparición de *Truncorotaloides topilensis*, *Morozovella lehneri* y *Truncorotaloides libyaensis* en el techo de esta biozona. Estos eventos no están registrados en el perfil de Artieda, pero se observan en el perfil de Torre Cardela. En cuanto al resto de las extinciones, la situación es muy similar en ambos

perfiles. *A. bullbrooki* desapareció antes que *T. rohri*, lo que permite hacer una biozonación más detallada. Con posterioridad a este evento desaparecieron las especies representantes del género *Morozovella*, y a continuación lo hizo *A. spinuloinflata* y finalmente *T. rohri*.

Sólamete *G. subconglobata*, especie típica del Eoceno medio, pasa al Eoceno superior en ambos perfiles. Esto puede quedar explicado por sus preferencias paleobatimétricas, más bien profundas dentro de la co-

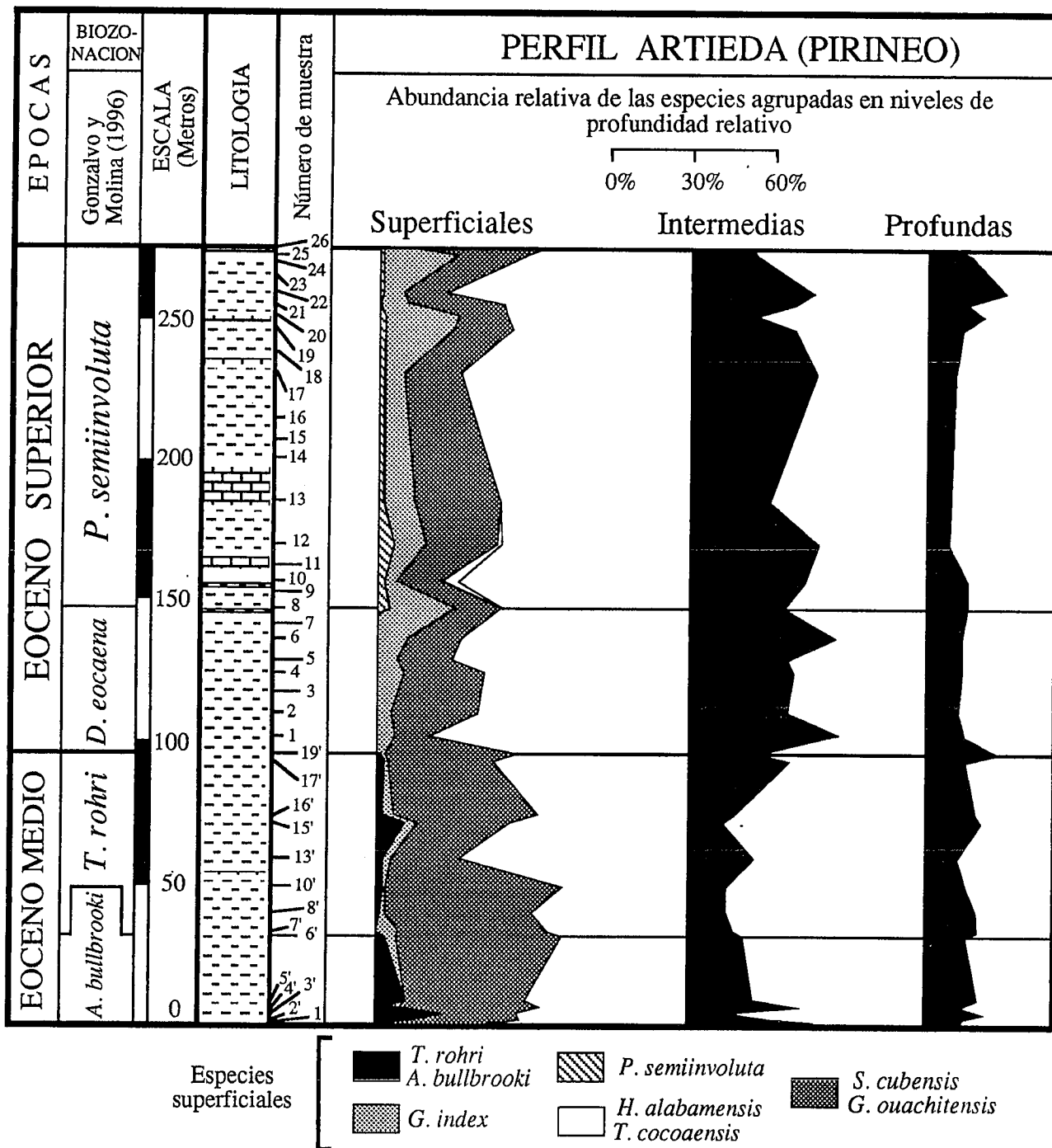


Figura 6.- Distribución cuantitativa de las especies agrupadas en superficiales, intermedias y profundas en el corte de Artieda.

lunna de agua donde viven los foraminíferos planctónicos (Keller y MacLeod, 1992). Debido a esta característica pudo soportar, mejor que otras especies de pared muricada del Eoceno medio, el descenso de la temperatura de las aguas del océano.

El enfriamiento global de las aguas parece que afectó a la zona superficial de la columna de agua donde vivían los foraminíferos planctónicos (Figs. 5 y 6), ya que la mayoría de las especies que se extinguieron pertenecían a esta zona de la columna de agua. Este es el motivo por el cual el evento de extinción del tránsito Eoceno medio-superior queda igualmente registrado en

ambas cuencas. Porque a pesar de la diferencia batimétrica existente entre ellas, el intervalo batimétrico correspondiente a la zona superficial de la columna de agua donde vivían los foraminíferos planctónicos permitió el desarrollo de éstos. La diferencia de profundidad entre las dos cuencas es muy acusada, ya que en la Cuenca Bética la profundidad pudo rondar los 2000 metros (Fig.4), los sedimentos están afectados por disolución debido a variaciones en la CCD (Línea de Compensación de la Calcita). Estas facies fueron depositadas en una zona batial media (Berthenet, 1985), por donde ascendían corrientes de *up welling*

que aportaban gran cantidad en nutrientes y buena oxigenación de las aguas que se situaban por encima de ésta, lo que dió lugar a una columna de agua muy rica en foraminíferos planctónicos. Así, las muestras del perfil de Torre Cardela contienen un 95 % foraminíferos planctónicos frente al 5 % de foraminíferos bentónicos, mientras que en el corte de Artieda apenas se alcanza el 25% de planctónicos frente al 75 % de bentónicos en algunas muestras. Los sedimentos del perfil de Artieda se depositaron en una cuenca poco profunda, muy subsidente, donde los sedimentos corresponden a facies distales de un sistema deltáico-arrecifal con gran aporte de sedimentos detríticos. Estas aguas no eran tan ricas en foraminíferos planctónicos debido a los grandes aportes de detríticos y a la influencia de las aguas continentales en periodos de progradación del sistema. A pesar de ello, la asociación faunística está bien representada en el corte de Artieda, y las diferencias son apreciables en el mayor porcentaje de especies intermedias y profundas existentes en el corte de Torre Cardela (Figs 5 y 6).

El descenso en la temperatura de las masas de agua oceánicas a nivel global está bien representado en los dos perfiles estudiados. En ambos está representada con claridad la extinción de especies de ambiente tropical o subtropical, especializadas, como hantkeninas (del Eoceno medio), morozovellas, acarininas y truncorotaloides que durante el Eoceno medio dominaban los nichos ecológicos (Figs. 2, 3, 5 y 6) e incluso colonizaban latitudes medias-altas. Cuando la temperatura de las aguas oceánicas varió comenzaron a desaparecer para dar paso a una nueva asociación dominada por foraminíferos planctónicos de morfología más simple y de estrategia oportunista, como dentoglobigerínidos, subbotínidos y globigerínidos.

Conclusiones

Los foraminíferos planctónicos del tránsito Eoceno medio-superior estudiados en los cortes de Torre Cardela y Artieda muestran que la última aparición de *T. rohri* y la primera aparición de *P. semiinvoluta* están separadas en el tiempo por un intervalo registrado en ambos cortes, teniendo en cuenta la potencia de cada uno de ellos. Este intervalo bioestratigráfico está representado por la Biozona de *D. eocaena*. Asimismo, se constata que la extinción de las especies típicas del Eoceno medio tuvo lugar de manera gradual, pero se aceleró hacia el techo de la Biozona de *T. rohri*. Esto permite identificar nuevas biozonas más detalladas: Biozona de *A. bullbrooki* y Biozona de *T. rohri*.

Los foraminíferos planctónicos del corte de Torre Cardela muestran en el tránsito Eoceno medio-superior una evolución similar a la que experimentan en la sección de Artieda. Sin embargo, se observa un mayor porcentaje en las especies de marcado carácter tropical en el corte de Torre Cardela. Esta diferencia es más acentuada durante el Eoceno medio, y permite comprobar que cada una de las secciones se depositó en una pro-

vincia paleobiogeográfica diferente, subtropical para la Cuenca Pirenaica, con influencia oceánica menos cálida que en la Cuenca Bética, donde la influencia oceánica pudo ser completamente tropical. Además, los sedimentos del perfil de Torre Cardela se depositaron en una cuenca profunda donde la mayor parte del sedimento está formado por foraminíferos planctónicos, y el corte de Artieda se sitúa en una cuenca poco profunda, muy subsidente y con aportes detríticos y de aguas continentales en episodios progradantes.

Durante el tránsito Eoceno medio-superior se produjo un brusco cambio en la asociación de foraminíferos planctónicos, las especies más especializadas desaparecieron y dieron paso a otras especies de morfología más simple, oportunistas, que pasaron a dominar la asociación. Este cambio es acorde con el descenso de la temperatura que se produjo a nivel global en las masas oceánicas durante el tránsito Eoceno-Oligoceno y que comenzó en la parte alta del Eoceno medio.

Este trabajo ha sido subvencionado por el proyecto DGICYT PB94-0566, así como por la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación con una beca de Formación de Profesorado y Personal Investigador en el Extranjero que disfruta C. Gonzalvo. Agradezco al profesor Eustoquio Molina su apoyo metodológico y científico, así como al profesor Hanspeter Luterbacher por su revisión del manuscrito. Por último, me gustaría agradecer al Dr. J. Serra Kiel y a un segundo revisor anónimo sus aportaciones y sugerencias a este trabajo.

Bibliografía

- Barrera, E. y Huber, B. T. (1991): Paleogene and early Neogene oceanography of the southern Indian Ocean: Leg 119 Foraminifera stable isotope results. *Proceedings of the O.D.P.*, 119: 693-717.
- Berggren, W. A. y Miller, K. G. (1988): Paleogene tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetobiochronology. *Micropaleontology*, 34 (4): 362-380.
- Berthenet, F (1985): Événements Géochimiques (Éléments traces et Isotopes Stables) a la limite Eocene-Oligocene. Application aux coupes de la région de Grenade (Espagne) et de Biarritz (Pyrénées Atlantiques). *Université P. et M. Curie. Dea de Géotectonique des océans et des continents. Option Stratigraphie*: 2-29.
- Blow, W. H. (1979): *The Cainozoic Globigerinida. A study of the morphology, taxonomy, evolutionary relationships and the stratigraphical distribution of some Globigerinida (mainly Globigerinacea)*. E. J. Brill (ed.), Leiden: 1413 pp.
- Boersma, A. y Premoli Silva, I. (1986): Terminal Eocene Event s: planktonic foraminifera and isotopic evidence. In: *Terminal Eocene Events*, (CH. Pomeroy y I. Premoli Silva, Eds.), Elsevier, Amsterdam: 213-224.
- Boersma, A., Premoli Silva, I. y Shackleton, N. J. (1987): Atlantic Eocene planktonic foraminiferal biogeography and stable isotopic paleoceanography. *Paleoceanography*, 2: 287-331.
- Bolli, H. M. (1957): Planktonic foraminifera from the Eocene Navet and San Fernando Formations of Trinidad, BWI. *U.S. Nat.Mus. Bull.*, 215: 97-124.
- Bolli, H. M. (1966): Zonation of Cretaceous to Pliocene

- marine sediments based on planktonic foraminifera. *Boletín informativo, Asoc. Venez. Geol. Min. y Petróleo*, 9: 3-32.
- Canudo, J.I. y Molina, E. (1988): Biocronología con foraminíferos planctónicos de la secuencia deposicional de Jaca (Pirineo aragonés): Eoceno medio y superior. *II Cong. Geol. España*. Granada, Comunicaciones, 1: 273-276.
- Canudo, J.I. y Molina, E. (1992): Bioestratigrafía con foraminíferos planctónicos del Paleógeno del Pirineo. *Neues Jarb. Geol. Palaeon., Abhlanlungen*, 186: 97-135.
- Canudo, J.I., Gonzalvo, C. y Molina, E. (1993): Los Foraminíferos Planctónicos del tránsito Eoceno medio-superior en la Cuenca de Jaca (Huesca, Pirineo): Implicaciones bioestratigráficas y paleoceanográficas. *IX Jornadas de Paleontología*, Málaga: 37-42.
- Comas, M.C. (1978): *Sobre la geología de los Montes orientales: Sedimentación y evolución paleogeográfica desde el Jurásico al Mioceno inferior (Zona Subbética, Andalucía)*. Tesis Doctoral, Universidad de Bilbao, 322 pp.
- Gonzalvo, C. (1994): *Los foraminíferos planctónicos del tránsito Eoceno medio-Oligoceno inferior: Bioestratigrafía, Cronoestratigrafía y eventos paleoceanográficos*. Tesis Doctoral, Univ. Zaragoza, 349 pp. (inédita).
- Gonzalvo, C. y Molina, E. (1992): Bioestratigrafía y Cronoestratigrafía del tránsito Eoceno-Oligoceno en Torre Cardela (España) y Massignano (Italia). *Rev. Esp. Paleo.*, 7(2): 109-126.
- Gonzalvo, C. y Molina, E. (en prensa): Bioestratigrafía y Cronoestratigrafía del tránsito Eoceno medio-Eoceno superior en la Cordillera Bética. *Rev. Esp. Micropaleo.*
- Haggag, M. A. (1990): *Globigerina pseudoampliapertura* Zone, a new late Eocene planktonic foraminiferal zone (Fayoum area, Egypt). *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 5: 295-307.
- Haggag, M. A. y Bolli, H. M. (1995): *Globigerinatheka index aegyptiaca*, a new late Eocene planktonic foraminiferal subspecies from Fayoum, Egypt. *Rev. Esp. Micropal.*, 27 (1): 143-147.
- Haggag, M. A. y Bolli, H. M. (1996): The origin of *Globigerinatheka semiinvoluta* (Keijzer), upper Eocene, Fayoum area, Egypt. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 6: 365-374.
- Hallock, P., Premoli Silva, I. y Boersma, A. (1991): Similarities between planktonic and larger foraminiferal evolutionary trends through Paleogene paleoceanographic changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 83: 49-64.
- Keller, G. (1982): Biochronology and paleoclimatic implications of Middle Eocene to Oligocene planktic foraminiferal faunas. *Marine Micropal.*, 7: 463-486.
- Keller, G. (1983): Paleoclimatic analysis of the Middle Eocene through Oligocene planktic foraminiferal faunas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 43: 73-94.
- Keller, G. y MacLeod, N. (1992): Faunal turnover and depth stratification: their relationships to climate and productivity events in the Eocene to Miocene pelagic realm. In: *Centenary of Japanese Micropaleontology*, 1-14.
- Keller, G., MacLeod, N. y Barrera, E. (1992): Eocene-Oligocene faunal turnover in planktic foraminifera and Atlantic glaciation. In: *Eocene-Oligocene climatic and Biotic evolution*. (D.R. Prothero y W.A. Berggren, Eds.), Princeton University Press, Princeton, 218-244.
- Kennett, J. P. (1977): Cenozoic evolution of antarctic glaciation, the circum-Antarctic Ocean and their impact on global paleoceanography. *Jour. Geoph. Research*, 82: 3843-3860.
- Molina, E. (1986): Description and biostratigraphy of the main reference section of the Eocene/Oligocene boundary in Spain: Fuente Caldera section. *Develop. Palaeon. Strat.*, 9: 53-63.
- Molina, E., Monaco, P., Nocchi, M. y Parisi, C. (1986): Biostratigraphy correlation between the Central Subbetic (Spain) and Umbro-Marchean (Italy) pelagic sequences at the Eocene/Oligocene boundary using foraminifera. *Develop. Palaeon. Strat.*, 9: 75-85.
- Molina, E., Keller, G. y Madile, M. (1988): Late Eocene to Oligocene events: Molino de Cobo, Betic Cordillera, Spain. *Rev. Esp. Micropal.*, 20: 491-514.
- Molina, E., Gonzalvo, C. y Keller, G. (1993): The Eocene-Oligocene planktic foraminiferal transition: extinctions, impacts and hiatuses. *Geol. Mag.*, 130 (4): 483-499.
- Premoli Silva, I. y Boersma, A. (1988): Atlantic Eocene Planktonic foraminiferal historical Biogeography and Paleohydrography indices. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 67: 315-356.
- Premoli Silva, I. y Boersma, A. (1989): Atlantic Paleogene Planktonic Foraminiferal bioprovincial indices. *Marine Micropal.*, 14: 357-371.
- Prothero, D. R. y Berggren, W. (1992): *Eocene-Oligocene Climatic and Biotic Evolution*, Princeton University Press, Princeton, 1-566.
- Puigdefábregas, C. (1975): La sedimentación molásica en la Cuenca de Jaca. *Pirineos*, 104: 1-108.
- Remacha, E., Arbues, P. y Carreras, M. (1987): Precisiones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base de la secuencia hasta el techo de la Arenisca de Sabiñánigo. *Bol. Geol. Min.*, 98 (1): 40-48.
- Toumarkine, M. y Luterbacher, H.P. (1985): Paleocene and Eocene Planktonic foraminifera. In: *Plankton Stratigraphy* (H.M. Bolli, J.B. Saunders y K. Perch-Nielsen, Eds.). Cambridge University Press, 97-154.
- Uchupi, E. (1988): The Mesozoic - Cenozoic geologic evolution of Iberia, a tectonic link between Africa and Europe. *Rev. Soc. Geol. España*, 1: 257-294.

Manuscrito recibido el 29 de Mayo de 1996

Aceptado el manuscrito revisado el 20 de Abril de 1997