

Análisis paleoecológico con foraminíferos planctónicos del tránsito Eoceno Medio-Eoceno Superior en las Cordilleras Béticas (Torre Cardela, Granada)

C. Gonzalvo y E. Molina

Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. E-50009 Zaragoza

PALABRAS CLAVE: Foraminíferos, Paleoecología, Bartonense, Priabonense, Cordilleras Béticas, España.

INTRODUCCIÓN

En el intervalo que comprende desde la parte más alta del Eoceno medio hasta el Oligoceno inferior se produjo la mayor caída de la temperatura global en las masas oceánicas desde el Mesozóico (Kennett, 1977; Barrera & Huber, 1991). En este intervalo hay dos grandes eventos de extinción de foraminíferos planctónicos, uno en el límite Eoceno/Oligoceno (Molina, 1986; Gonzalvo & Molina, 1992; Premoli Silva *et al.*, 1988; Prothero y Berggren, 1992; Molina *et al.*, 1993), y otro alrededor del límite Eoceno medio/Eoceno superior. Durante este último periodo se produce un fase de mayor enfriamiento, se registra un hiato en los sondeos oceánicos ("Sites" 219 y 36) (Keller, 1983 y Gonzalvo, 1994) y se extinguen la mayoría de las especies de pared muricada, tradicionalmente llamadas "formas espinosas", que vivían en la zona superficial de la columna de agua (Keller, 1983). Este cambio faunístico parece estar directamente relacionado con el descenso en la temperatura de las aguas oceánicas y con la caída del nivel de mar.

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis paleoambiental del tránsito Eoceno medio-Eoceno superior, tomando los foraminíferos planctónicos como indicadores paleoambientales, basándose en estudios isotópicos (Keller & MacLeod, 1992 y Premoli Silva & Boersma, 1988) realizados sobre la mayoría de las especies, en la evolución de los distintos grupos de especies y en las variaciones de la diversidad.

La biozonación utilizada ha sido propuesta por Gonzalvo & Molina (en prensa) y comprende siete biozonas; cuatro de ellas pertenecen al Eoceno medio: Biozona de *Morozovella lehneri*, Biozona de *Orbulinoides beckmanni*, Biozona de *Acarinina bullbrookii* y Biozona de

Truncorotaloides rohri; y tres al Eoceno superior: Biozona de *Dentoglobigerina eocaena*, Biozona de *Porticula-sphaera semiinvoluta*, Biozona de *Globigerina index*.

MATERIAL Y METODOLOGÍA

El perfil estudiado se sitúa geográficamente en el Sur de la Península Ibérica, al Norte de la Provincia de Granada, término municipal de Torre Cardela, concretamente en el punto kilométrico 185 en la trinchera Oeste de la carretera N-324 (Córdoba-Almería, por Jaén).

La serie sedimentaria queda incluida en la Formación Cañada, que pertenece al Grupo Cardela (Comas, 1978). El corte consiste en 145 metros de una serie rítmica de materiales calcareníticos y/o areniscosos intercalados en paquetes de material lutítico-margoso.

Las muestras recogidas se han preparado mediante la técnica del levigado con tamices de 63 y 150 micras y se han analizado cuantitativamente. Se han estudiado 48 muestras, tomadas en los niveles margosos, revelando una fauna de foraminíferos planctónicos muy abundante y bien conservada.

FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS COMO INDICADORES PALEOAMBIENTALES

Los porcentajes de todas las especies obtenidos del estudio cuantitativo sobre la fracción de 150 μ permiten elaborar una serie de índices (Gonzalvo, 1994), basados en las relaciones entre distintos grupos de foraminíferos planctónicos. La información para la elaboración de los distintos índices se obtiene a partir del estudio de isótopos sobre las conchas de los foraminíferos y de su agrupación en biozonas latitudinales. El análisis de los iso-

tópos de oxígeno de las conchas de los foraminíferos permite distribuir las especies como pertenecientes a altas, medias y bajas latitudes (Premoli Silva & Boersma, 1988). Sumando los porcentajes de las especies de altas latitudes por un lado y las de bajas por otro y confrontándolos se define el índice H/L (*High/Lower*), cuya variación nos indicará aumentos o descensos relativos en la temperatura de las aguas donde vivían lo foraminíferos.

También los análisis de los isótopos de oxígeno sobre las conchas de algunos foraminíferos determina si vivían más o menos profundamente que otras especies, en la columna de agua. Estos análisis, Keller & MacLeod (1992), han llevado a subdividir de forma aproximada, la columna de agua en la que pueden vivir los foraminíferos planctónicos. Existen tres zonas: superficial, intermedia y profunda. La primera de estas zonas se extiende hasta los 100 metros de profundidad, la intermedia hasta los 250 metros y la profunda hasta los 400 metros de profundidad aproximadamente. El desarrollo vertical de estas zonas dependerá directamente de la profundidad de la cuenca y de los movimientos de las masas de agua. Cuando se compara la suma de porcentajes de especies de hábitat superficial con la suma de especies de hábitat profundo se define el índice S/D (*Surface/Deep*). Este índice da a conocer los cambios en las circulaciones de las masas de agua.

Se entiende por diversidad el número de especies que hay en una muestra (Ottens & Nederbragt, 1992). Los estudios sobre las poblaciones actuales demuestran que la diversidad disminuye cuando aumenta la latitud, y por tanto podremos interpretar la evolución del índice diversidad en el tiempo, según tenga una evolución negativa o positiva, como una disminución o un aumento, respectivamente, de la temperatura de las masas oceánicas.

ANÁLISIS PALEOECOLÓGICO

La continuidad de la serie y el exhaustivo muestreo permite tener un detallado control sobre la evolución de los índices paleoambientales aplicados en este estudio, H/L, S/D y Diversidad. En el estudio cualitativo queda reflejado el proceso de extinción gradual en el tránsito Eoceno medio/Eoceno superior. Durante el Eoceno medio dominan especies como *Truncorotaloides rohri*, *Turborotalia cerroazulensis*, *Acarinina bullbrookii* o *Truncorotaloides topilensis* (en la parte inferior), pero

después del límite pasan a dominar otras especies como *Turborotalia cocoaensis*, *Dentoglobigerina eocaena*, *Subbotina linaperta*, *Globigerapsis index* o *Globigerina ouachitensis*, algunas de ellas típicas de latitudes más altas. Existen cinco niveles estratigráficos con disolución de los cuales uno afecta plenamente al límite Eoceno medio/Eoceno superior, enmascarando los eventos de extinción de dicho límite.

Índice H/L: La evolución del índice H/L es creciente a través del tiempo (Fig. 1). Si analizamos este índice con más detalle vemos que se alcanza el máximo de H/L en la Biozona de *D. eocaena*. Máximo que comienza a

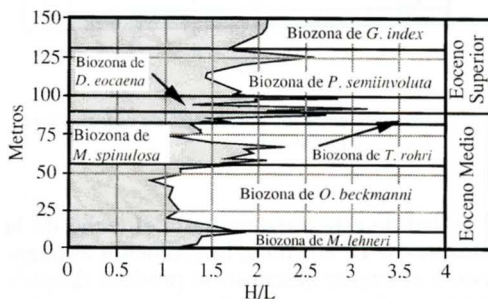


Fig. 1.—Relación entre los porcentajes de especies de altas y bajas latitudes.

formarse en la Biozona de *T. rohri* y finaliza en la Biozona de *Porticulasphaera semiinvoluta*, H es el triple de L. Esto se interpreta como un aumento de las especies de altas latitudes hacia el límite Eoceno medio/Eoceno superior, y por tanto un enfriamiento en la temperatura de la masa oceánica. El mínimo de la relación H/L se encuentra reflejado en la Biozona de *Orbulinoides beckmanni*, en la cual parece existir un equilibrio entre los dos grupos de especies. Esta biozona podría representar el momento más cálido en la evolución del perfil. Estas condiciones también se reflejan en aspectos de la fauna, como la presencia más continua de formas muy ornamentadas y por tanto especializadas (*Morozovella lehneri*), o la aparición de especies típicamente tropicales (*O. beckmanni*).

Índice S/D: Existen cuatro máximos, en éstos las especies de hábitat más superficial dominan sobre las de hábitat profundo, y un momento de equilibrio, situado en la Biozona de *O. beckmanni*, en el que especies superficiales y profundas presentan porcentajes simi-

lares (Fig. 2). Por tanto las aguas tienen una buena estratificación, sin cambios en la evolución de las masas oceánicas. Un primer máximo está situado en la Biozona de *M. lehneri*, donde S es casi cuatro veces mayor que D. El siguiente máximo es de magnitud similar y aparece en la Biozona de *A. bullbrooki*. Desde

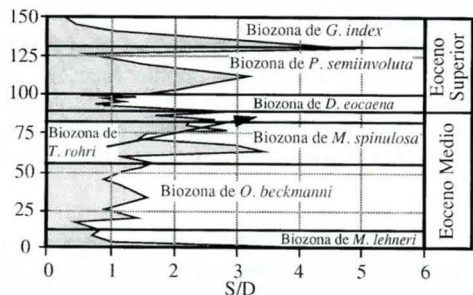


Fig. 2.—Relación entre los porcentajes de especies superficiales y profundas.

la mitad de esta biozona hasta el techo de la Biozona de *D. eocaena*, la evolución es negativa, y el mayor descenso se produce después del límite Eoceno medio/Eoceno superior. Esto significa que suceden cambios en la estratificación de las aguas y después del límite el hábitat superficial se ve disminuido debido principalmente a la extinción de algunos representantes de este nivel.

Estas extinciones deben de estar relacionadas con el enfriamiento de las masas oceánicas de la cuenca, bien por la llegada de corrientes de latitudes más altas, o bien por un enfriamiento global de las aguas superficiales. Después del límite aparece un periodo corto de estabilidad (Biozona de *D. eocaena*) y de nuevo se producen fuertes incrementos en el porcentaje de especies superficiales y por tanto cambios en la distribución de la masa de agua.

Diversidad: El número de especies tiene una evolución negativa general en este perfil (Fig. 3). De 28 especies en la Biozona de *M. lehneri* a se desciende a 17 especies en la Biozona de *G. index*. Esto es debido a que se suceden una serie de extinciones durante el Eoceno medio, lo que supone un gran cambio en la fauna, un conjunto de extinciones sucesivas de especies de estrategia K muy especializadas.

La diversidad desciende ya en el techo de la Biozona de *M. lehneri*, también desde la base hasta la mitad de la Biozona de *A. bull-*

brooki. Pero el descenso más importante sucede después del límite Eoceno medio/Eoceno superior, en la Biozona de *D. eocaena*. En es-

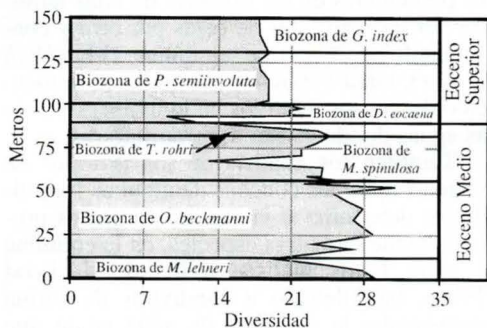


Fig. 3.—Variación en el número de especies a través del tiempo.

te momento la diversidad es inferior a 10, consecuencia de la crisis de extinción del límite. Estos cambios en la diversidad son debidos a cambios en la distribución y características de la masa oceánica. La disminución progresiva de la diversidad se interpreta como el resultado de un enfriamiento también progresivo en las aguas del océano, que comienza a ser acusado por la fauna a partir de la Biozona de *A. bullbrooki*.

CONCLUSIONES

Hacia el final del Eoceno medio se producen la extinción de los foraminíferos planctónicos más característicos de este periodo, Morozovella, Truncorotaloides y Acarinina, especies de estrategia K, muy especializadas, la mayoría de ellos de hábitat superficial y típicos de latitudes tropicales o subtropicales. Del estudio de las variaciones de los índices paleoambientales definidos por la suma de los porcentajes de las distintas especies identificadas en el intervalo del tránsito Eoceno medio/Eoceno superior, se deduce que en el Eoceno medio, a partir de la Biozona de *O. beckmanni*, se produce un enfriamiento en las masas de agua, que se refleja en un aumento en la relación H/L y en una disminución en la diversidad hacia el límite Eoceno medio/Eoceno superior. El descenso en el porcentaje de especies superficiales, se observa en el índice S/D, es producto de los cambios en la distribución de las masas oceánicas, y del fuerte en-

friamiento de éstas. La disminución en la diversidad en el límite e inmediatamente después, es consecuencia de la extinción de estas especies superficiales de estrategia K por lo que quedan unas asociaciones predominantemente de estrategia r. Posteriormente, la diversidad aumenta de nuevo, se desarrollan nuevas especies de estrategia K en armonía con las nuevas condiciones ambientales. También se observa el descenso de H/L y de S/D que se interpreta como un aumento de la temperatura y la vuelta a una buena estratificación de las aguas.

La evolución de los grupos de foraminíferos planctónicos indica un momento de mayor enfriamiento en el límite Eoceno medio/Eoceno superior, ésta es la primera fase del enfriamiento progresivo que culmina en el Oligoceno inferior. El enfriamiento general progresivo parece producirse por fases o pulsos, momentos en los que el descenso de la temperatura es más acusado, como ocurre en el periodo de tránsito estudiado y en el límite E/O.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado bajo la financiación del Proyecto de investigación DGICIT PB94-0566 y de una beca postdoctoral F.P.I., en el extranjero, que disfruta Concepción Gonzalvo.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrera, E. & Huber, B. T. 1991. Paleogene and early Neogene oceanography of the southern Indian Ocean: leg 119. Foraminifera stable isotope results. *Proceeding of the O.D.P.*, 119: 693-717.
- 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 Doc., Univ. de Bilbao, 332 págs.
- Gonzalvo, C. 1994. *Los foraminíferos planctónicos del tránsito Eoceno medio-Oligoceno inferior: Bioestratigrafía, Cronoestratigrafía y Eventos paleoceanográficos*. Tesis Doc., Univ. de Zaragoza. 349 págs. (Inédito).
- Gonzalvo, C. & Molina, E. 1992. Los foraminíferos planctónicos del tránsito Eoceno-Oligoceno en Torre Cardela (España) y Massignano (Italia): Bioestratigrafía y Cronoestratigrafía. *Rev. Esp. Paleo.*, 7(2): 109-126.
- 1996. Bioestratigrafía y Cronoestratigrafía del tránsito Eoceno medio-Eoceno superior en la Cordillera Bética. *Rev. Esp. Micropaleo.*, en prensa.
- Keller, G. 1983. Paleoclimatic analyses of middle Eocene through Oligocene planktic foraminiferal faunas. *Paleo., Paleo., Paleo.*, 43: 73-94.
- Keller, G. & MacLeod, N. 1992. Faunal turnover and depth stratification: their relationships to climate and productivity events in the Eocen to Miocene pelagic realm. *Scien. Rep. Tohoku Univ. Takayanagi Testimonial*. Ed. K. Ishzaki. 1-16.
- Kennett, J. P. 1977. Cenozoic evolution of Antarctic glaciation, the circum-Antarctic Ocean and their impact on global paleoceanography. *Jour. Geophys. Resear.*, 82: 43-60.
- Molina, E. 1986. Description and biostratigraphy of the main reference section of the Eocene/Oligocene boundary in Spain: Fuente Caldera section. *Develop. Palaeo. Strati.*, 9: 53-63.
- Molina, E. Gonzalvo, C. & Keller, G. 1993. The Eocene-Oligocene planktic foraminiferal transition: extinction, impacts and hiatuses. *Geolo. Mag.*, 130 (4): 483-499.
- Ottens, J. J. & Nederbragt, A.J. 1992. Planktic foraminiferal diversity as indicator of ocean environments. *Marine Micropaleontology*, 19: 13-28.
- Premoli Sliva, I. & Boersma, A. 1988. Atlantic Eocene planktonic foraminiferal historical biogeography and paleohydrographic indices. *Paleo. Paleo. Paleo.*, 67: 315-356.
- Premoli Sliva, I., Coccioni, R. & Montanari, A. 1988. The Eocene-Oligocene boundary in the Marche-Umbria basin (Italy). *International Union of Geological Sciences: Commission on Stratigraphy*. Ancona (Italy), 268 págs.
- Prothero D.R. & Berggren, W. 1992. *Eocene-Oligocene Climatic and Biotic Evolution*. Ed. Princ. Univ. Press., 1-566.