

# Asociaciones de foraminíferos bentónicos en la sección oligocena de Fuente Caldera (Granada)

## *Benthic foraminiferal assemblages from the Oligocene Fuente Caldera section (Granada)*

R. Fenero<sup>1</sup>, L. Alegret<sup>1</sup>, L.E. Cruz<sup>1,2</sup>, E. Molina<sup>1</sup> y S. Ortiz<sup>1,3</sup>

1 Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología), Facultad de Ciencias, 50009 Zaragoza.

2 Escuela de Geología, Universidad Industrial de Santander. AA 678 Bucaramanga (Colombia).

3 Department of Earth Sciences, University College London, WC1E 6BT

**Resumen:** Se ha realizado un análisis cuantitativo de las asociaciones de foraminíferos bentónicos de la sección oligocena (Rupeliense-Chatiense) de Fuente Caldera. Este estudio nos permite observar los cambios paleoambientales producidos a lo largo del Oligoceno. Los foraminíferos bentónicos indican una profundidad de depósito batial inferior (> 1000 m) para gran parte de esta sección. La influencia de corrientes de turbidez es evidente a lo largo de toda la sección estudiada, que contiene algunos niveles con abundantes foraminíferos bentónicos reelaborados desde zonas someras. Además, se trataba de una zona con un elevado aporte de materia orgánica refractaria, tal y como indica el elevado porcentaje de bolivinidos a lo largo de toda la sección. En la base de la biozona O2 se ha identificado un intervalo de 37 m de espesor de calcarenitas muy bioturbadas, resultado de una drástica caída del nivel del mar que se ha relacionado con el máximo glacial del Oligoceno. Asimismo en la mitad superior del perfil estudiado se ha reconocido el Evento de Calentamiento del Oligoceno Inferior.

**Palabras clave:** Foraminíferos bentónicos, Paleoambiente, Oligoceno.

**Abstract:** We have studied benthic foraminiferal assemblages from the Oligocene (Rupelian-Chattian) section of Fuente Caldera. This study allowed us to infer the paleoenvironmental turnover across the Oligocene. Benthic foraminifera indicate a lower bathyal (>1000 m) depth of deposition for most part of the studied section. This section is influenced by turbidity currents, and it contains some levels with abundant reworked benthic foraminifera that were transported from shallower parts of the basin. The high percentage of bolivinids throughout the section indicates high flux of refractory organic matter to the seafloor. In the lower half of zone O2, we identified a 37-m-thick sequence of calcarenites that are strongly bioturbated. We consider that this interval resulted from a dramatic sea level fall, which might be related to the Oligocene Glacial Maximum. Furthermore, we identified the Lower Oligocene Warming Event towards the upper half of the studied section.

**Key words:** Benthic foraminifera, paleoenvironment, Oligocene.

## INTRODUCCIÓN

La sección de Fuente caldera es el mejor corte español conocido del tránsito Eoceno-Oligoceno, ya que fue propuesto como candidato para la definición del límite Eoceno/Oligoceno (Molina, 1986). Se encuentra situada en el sector central de las Cordilleras Béticas (zona Subbética), al norte de la provincia de Granada, en el término municipal de Pedro Martínez. La sección de Fuente Caldera permite estudiar una serie muy potente desde el Eoceno inferior (Ypresiense) hasta el Oligoceno superior (Chatiense).

Durante el Paleógeno el clima de la Tierra experimentó continuos cambios climáticos. En el tránsito Paleoceno-Eoceno se alcanzó un máximo en el calentamiento global, seguido en el Eoceno medio y superior por un enfriamiento que culminó en la base del Oligoceno. Así comenzó una etapa de clima frío, con

una marcada ciclicidad en el volumen de hielo y por lo tanto en el control del nivel del mar glacioeustático.

Los foraminíferos bentónicos son unos excelentes indicadores de parámetros paleoambientales como la profundidad de depósito, la oxigenación y la concentración de nutrientes en el fondo oceánico. Su estudio puede contribuir a conocer de una forma más detallada los cambios paleoambientales ocurridos en este sector durante el Oligoceno. Los foraminíferos bentónicos del tránsito Eoceno-Oligoceno fueron estudiados por Molina *et al.* (2006). Sin embargo, los foraminíferos bentónicos del Oligoceno no han sido estudiados hasta el momento.

El objetivo del presente trabajo es profundizar en el conocimiento de las asociaciones de foraminíferos bentónicos del Oligoceno en la zona Subbética, al oeste del Tetis, y poderlos correlacionar con los eventos climáticos del Rupeliense y Chatiense.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La serie analizada tiene 327 m de potencia y abarca desde el límite Eoceno/Oligoceno hasta el Oligoceno superior (Chatiense). Se han seleccionado 33 muestras para el análisis paleoambiental de los foraminíferos bentónicos. Litológicamente, esta sección está constituida por una sucesión rítmica de calcarenitas bioclásticas alternantes con margas grises hemipelágicas, predominando estas últimas. Las rocas bioclásticas presentan macroforaminíferos bentónicos, algas, equinodermos y bivalvos, mientras que las margas presentan abundantes foraminíferos planctónicos, nanofósiles calcáreos, macroforaminíferos bentónicos, escasos ostrácodos y fragmentos de equínidos y moluscos. En el perfil estudiado se han identificado dos olistostromas, uno de ellos de 81 a 102 m por encima del límite Eoceno/Oligoceno, y otro de 197 a 250 m por encima del límite (fig.1). Estos olistostromas fueron interpretados por Comas *et al.* (1984-85) como resultado de la actividad de cabalgamientos Subbéticos Paleógenos en esta zona.

La técnica empleada para el estudio de los foraminíferos bentónicos fue el levigado. Las muestras fueron disgregadas con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a una concentración del 10%, después fueron secadas a menos de 50°C y por último levigadas con un tamiz de luz de malla de 100 µm. Para la observación de los foraminíferos bentónicos se utilizó una lupa binocular y se separó una fracción representativa de unos 300 ejemplares por cada muestra. En este artículo se ha adoptado la bioestratigrafía basada en foraminíferos planctónicos realizada por Cruz (2008), que incluye las biozonas O1 a O6 de Berggren y Pearson (2005).

## RESULTADOS

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos en Fuente Caldera están dominadas por taxones de conchas calcíticas (95-99%) en todas las muestras, lo que sugiere un depósito por encima de la línea de compensación de la calcita. Se identifican abundantes especies de medios batiales (ej., *Bolivinoidea crenulata*, *Bolivinoidea floridana*, *Brizalina antegressa*, *Bulimina alazanensis*, *Bulimina impendens*, *Bulimina jarvisi*, *Cibicoides barnetti*, *C. mundulus-praemundulus*, *Gyroidinoides girardanus*, *G. soldanii*, *Hanzawaia ammophila*, *Osangularia* spp.) y pocas especies de medios abisales inferiores (ej., *Cibicoides havanensis*, *Cibicoides grimsdalei*, *Vulvulina spinosa*). *Globocassidulina subglobosa*, bastante común en la sección de Fuente Caldera, es una especie abundante en medios batiales inferiores-abisales superiores (Holbourn *et al.*, 2007). Estos datos sugieren un medio de depósito batial inferior, a una profundidad superior a 1000 m, con una fuerte influencia de corrientes turbidíticas que incrementan el porcentaje de especies alóctonas.

Las especies de medios sublitorales a batiales inferiores (ej., *Asterigerina* spp., *Rosalina* spp., *Pararotalia audouini*, *Angulogerina angulosa*, *Trifarina bradyi*, *Trifarina wilconexis*, *Quinqueloculina* spp.,

*Reussella terquemi*, *Reussella oberburgensis*, *Elphidium* spp.) son abundantes en un intervalo que comprende desde la muestra FC-03-127 hasta la muestra FC-03-166.

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos están constituidas por taxones infaunales (ej., *Bolivina rhomboidalis*, *Bolivina tortuosa*, *Bolivinoidea crenulata*, *Bolivinoidea floridana*, *Globocassidulina subglobosa*, *Oridorsalis umbonatus*) y taxones epifaunales (ej., *Anomalinoidea* spp., *Gyroidinoides* spp.) distribuidos casi por igual (50-60%) a lo largo de todo la sección (50-60%). La presencia de asociaciones mixtas infaunales y epifaunales, así como la abundancia de *Cibicoides* spp. y *Oridorsalis umbonatus* indican condiciones oligotróficas en Fuente Caldera, con el fondo oceánico bien oxigenado (Huang *et al.*, 2002).

En el límite Eoceno/Oligoceno se registra la última aparición de varias especies de foraminíferos, así como la disminución de especies de foraminíferos planctónicos superficiales, que se han relacionado con el enfriamiento del tránsito Eoceno-Oligoceno (Molina *et al.*, 2006).

El Rupeliense inferior está caracterizado por asociaciones diversas y heterogéneas, con morfogrupos mixtos infaunales y epifaunales. Sin embargo, en la parte media-alta de la zona O1 (FC-03-56 y 60) se observa un claro dominio de los bolivínidos (*Bolivinoidea crenulata* 60%, *Bolivinoidea floridana* 8%). Los bolivínidos presentan un modo de vida infaunal, y están asociados a un significativo aporte de materia orgánica al fondo oceánico, probablemente relacionado con una reducción de la oxigenación del fondo oceánico (Murray, 1991), aunque también se ha observado este grupo en medios bien oxigenados (ej., Jorissen *et al.*, 2007). Este incremento de bolivínidos lo asociamos a un aumento local en la materia orgánica refractaria que llegaba al fondo oceánico.

El intervalo (FC-03-127 a FC-03-166) corresponde a una secuencia de calcarenitas de aproximadamente 37 m de potencia, en la parte media-baja de la zona O2 y que contiene abundantes especies de medios someros que fueron arrastrados hacia profundidades batiales. Este intervalo se ha interpretado como resultado de una drástica caída del nivel de mar que Alegret *et al.* (2008) relacionaron con un evento glacioeustático asociado al máximo glacial del Oligoceno (ej., Zachos *et al.*, 2001). Estos datos se corroboran con el aumento de grupos específicos de foraminíferos planctónicos de altas latitudes.

El elevado porcentaje (40%) de foraminíferos planctónicos de bajas latitudes que se registra en la biozona O5 y en la parte más baja de la biozona O6 indica un aumento en la temperatura que podría estar relacionado con el evento de calentamiento del Oligoceno inferior (LOWE). Dicho evento tiene una edad aproximada de 26 Ma, se ha asociado a una subida en el nivel del mar, y ha sido reconocido globalmente.

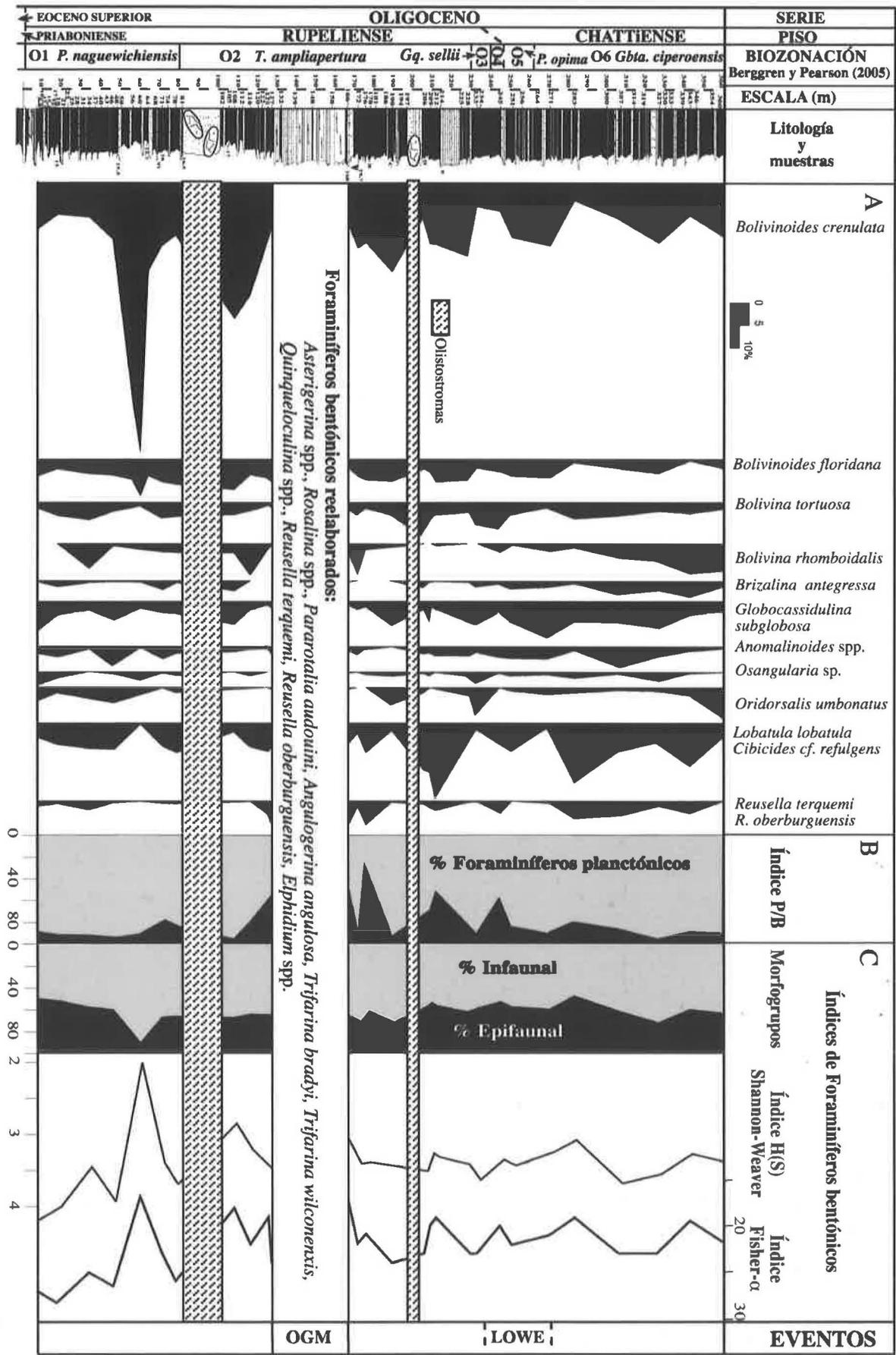


FIGURA 1. A. Porcentajes de algunas de las especies de foraminíferos bentónicos más representativas en Fuente Caldera; B. Índice Planctónico/Bentónico; C. Diversos índices de foraminíferos bentónicos. OGM: Máximo Glacial del Oligoceno; LOWE: Evento de Calentamiento del Oligoceno Inferior.

En Fuente Caldera, el porcentaje de foraminíferos retrabajados en este intervalo es bajo, debido posiblemente a un descenso de la erosión en las zonas someras al aumentar el nivel del mar.

## CONCLUSIONES

- El análisis cuantitativo de los foraminíferos bentónicos sugiere que los sedimentos del Rupeliense y Chatiense inferior de Fuente Caldera se depositaron en un medio batial inferior en la mayor parte de la sección estudiada, con una profundidad mínima de 1000 m. El predominio de bolivínidos en toda la sección indica un alto aporte de materia orgánica refractaria. El alto porcentaje de *Cibicidoides* y *Oridorsalis umbonatus* sugieren además una buena oxigenación del fondo marino.

- En la parte superior del Rupeliense se observa un intervalo de 37 m de espesor que se ha relacionado con una drástica caída del nivel del mar, que provocó la erosión de las zonas más someras y por tanto el aumento de los taxones alóctonos. Este intervalo parece estar relacionado con el Máximo Glacial del Oligoceno.

- Por otro lado, el elevado porcentaje de foraminíferos planctónicos de bajas latitudes nos ha permitido reconocer el Evento de Calentamiento del Oligoceno inferior en Fuente Caldera, asociado a una subida del nivel del mar que pudo disminuir el aporte de foraminíferos bentónicos reelaborados a las partes más profundas de la cuenca.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está enmarcado dentro del proyecto Consolider CGL2007-63724 del Ministerio de Educación y Ciencia. Raquel Fenero, Laia Alegret y Silvia Ortiz agradecen la financiación del Ministerio de Ciencia y Tecnología por la beca predoctoral, el contrato Ramón y Cajal y la beca post-doctoral, respectivamente. Luis Enrique Cruz ha sido financiado por el Programa Alban (E03D25498CO).

## REFERENCIAS

- Berggren, W.A. y Pearson, P.N., 2005. A revised Tropical to Subtropical Paleogene planktonic foraminiferal zonation. *Journal of Foraminiferal Research*, 35: 279-298.
- Comas, M.C., Martínez-Gallego, J. y Molina, E. (1984-85): Litofacies y sucesión estratigráficas del Eoceno y Oligoceno: al norte del cerro Mencal (Zona Subbética, Prov.de Granada). *Cuadernos de Geología*, 12: 145-155.
- Cruz, L.E. (2008): *Los foraminíferos planctónicos del Oligoceno bioestratigrafía, cronoestratigrafía y reconstrucción paleoambiental*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 266 pp.
- Holbourn, A., MacLod, N. y Henderson, A. (2007): *Paleobase: deep-sea benthic foraminifera*. CD-ROM. Blackwell Scientific Publishing.
- Huang, B., Jian, Z., Cheng, X. y Wang, P. (2002): Foraminiferal responses to upwelling variations in the South China Sea over the last 220000 years. *Marine Micropaleontology*, 47: 1-15.
- Jorissen, F. J., Fontanier, C. y Thomas, E. (2007): Paleooceanographical proxies based on deep-sea benthic foraminiferal assemblage characteristics. En: Hillaire-Marcel, C., de Vernal, A. (Eds.), *Proxies in Late Cenozoic Paleooceanography (Pt.2): Biological tracers and biomarkers*, Elsevier, 862 pp.
- Molina, E. (1986): Description and biostratigraphy of the main reference section of the Eocene/Oligocene boundary in Spain: Fuente Caldera section. En: Pomerol, Ch. y Premoli-Silvia, I., (Eds.), *Terminal Eocene Events, Elsevier Science Publishers B. V.*, Amsterdam, 53-63.
- Molina, E., Gonzalvo, C., Ortiz, S., Cruz, L.E. (2006): Foraminiferal turnover across the Eocene Oligocene transition at Fuente Caldera, southern Spain: no cause-effect relationship between meteorite impacts and extinctions. *Marine Micropaleontology* 58: 270-286.
- Murray, J.W. (1991): Ecology and paleoecology of benthic foraminifera. Longman, Harlow, 397 pp.
- Zachos, J.M., Pagani, M., Sloan, L., Thomas E. y Billups, K. (2001): Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292: 686-6.