

# Biostratigrafía y eventostratigrafía con foraminíferos planctónicos a través del límite Paleoceno/Eoceno en Kharrouba (Túnez)

## *Planktic foraminiferal biostratigraphy and eventstratigraphy across the Paleocene/Eocene boundary at Kharrouba (Tunisia)*

L. Zili<sup>1</sup>, D. Zaghib-Turki<sup>1</sup> e I. Arenillas<sup>2</sup>

1 Faculté des Sciences de Tunis, Département de Géologie Campus universitaire, 2090 Tunis, Tunisia. lamia\_2b@yahoo.fr; dalila.zaghib@fst.mu.tn

2 Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología), Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza. ias@unizar.es

**Resumen:** Un estudio bioestratigráfico y cuantitativo de alta resolución de los foraminíferos planctónicos ha permitido identificar la posición más probable del límite Paleoceno/Eoceno (P/E) en la sección de Kharrouba (Norte de Túnez). El límite P/E se sitúa en coincidencia con la base de un intervalo arcilloso oscuro con disolución de conchas calcáreas y predominio de foraminíferos bentónicos aglutinados, el brusco descenso de la riqueza específica de foraminíferos bentónicos, la base de un acmé del género planctónico *Acarinina* y el primer registro de *Acarinina sibaiyaensis* (base de la Biozona E1). Estos horizontes están relacionados en otras secciones con el descenso de la relación isotópica  $\delta^{13}\text{C}$  (base de CIE), el cual fue elegido como horizonte-guía del límite P/E. Se corresponde al evento hipertermal (PETM) y de extinción en masa de foraminíferos bentónicos (BFEE) más importantes del Cenozoico.

**Palabras clave:** foraminíferos, planctónicos, bentónicos, biostratigrafía, eventos, límite P/E.

**Abstract:** A high-resolution biostratigraphic and quantitative study with planktic foraminifera has allowed to identify the most probable position of the Paleocene/Eocene (P/E) boundary at the Kharrouba section (northern Tunisia). The P/E boundary is placed in coincidence with the base of a dark clayey interval with calcareous test dissolution and dominance of agglutinated benthic foraminifera, the sudden decrease of the benthic foraminiferal species richness, the base of an acme of planktic foraminiferal genus *Acarinina* and the first occurrence of *Acarinina sibaiyaensis* (base of the Biozone E1). These horizons are related in other sections to the decrease of the isotopic relation  $\delta^{13}\text{C}$  (base of CIE), which was chosen key-horizon of the P/E boundary. It corresponds to the most intensive hyperthermal event (PETM) and benthic foraminiferal extinction event (BFEE) of the Cenozoic.

**Key words:** foraminifera, planktic, benthic, biostratigraphy, events, P/E boundary.

## INTRODUCCIÓN

El tránsito Paleoceno-Eoceno (P-E) ha sido multidisciplinariamente estudiado en secciones y sondeos DSDP/ODP de todo el mundo, lo que permitió definir en 2003 el GSSP (*Global Boundary Stratotype Sections and Points*) para el límite Paleoceno/Eoceno (P/E) en la sección de Dababiya, Egipto (ver Alegret *et al.*, 2005). El horizonte-guía elegido marcador del límite P/E fue un brusco descenso negativo anómalo del carbono orgánico ( $\delta^{13}\text{C}$ ) reconocido a nivel mundial como CIE, de las siglas inglesas *Carbon Isotopic Excursion* (Shackleton *et al.*, 1985).

El CIE está asociado a uno de los principales eventos de extinción en masa de foraminíferos bentónicos del Cenozoico, conocido comúnmente como BFEE por las siglas inglesas *Benthic Foraminiferal Extinction Event* (Tjalsma y Lohman, 1990; Thomas, 1990). Dentro de las asociaciones de foraminíferos planctónicos, el CIE está asociado a un acmé de *Acarinina*, género más abundante en aguas tropicales-subtropicales (Arenillas y Molina, 1996, 2000; Molina

*et al.*, 1999). Este biohorizonte sugirió, junto con el brusco descenso de  $\delta^{18}\text{O}$ , un repentino calentamiento global del clima (PETM, de las siglas inglesas *Paleocene-Eocene Thermal Maximum*). Según Dickens *et al.* (1997), la causa más directa de aquel evento paleoclimático hipertermal fue la brusca disociación de hidratos de metano del fondo oceánico, enriqueciendo la atmósfera y los océanos de metano y dióxido de carbono.

En este trabajo se analiza la bioestratigrafía y la distribución cuantitativa de los foraminíferos planctónicos de la sección de Kharrouba (Túnez) con el objetivo de identificar el límite P/E en la sección y analizar las consecuencias del evento del límite P/E en las asociaciones de foraminíferos planctónicos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El corte de Kharrouba está localizado 3 kilómetros al Sur de la ciudad de Túnez (Norte de Túnez), en el flanco este y norte del anticlinal de Jebel Kharrouba (Fig. 1). La sección estudiada tiene 29 m de potencia y

abarca la parte más superior de la Formación El Haria y la parte más inferior de la Formación Bou Dabbous (Zili, 2004). La primera formación consiste en margas grises, mientras que la segunda consiste en calizas y calizas nodulares intercaladas con finas capas de margas y limos. Los foraminíferos planctónicos y bentónicos son abundantes y muy bien preservados, aunque existe un intervalo estratigráfico de 1,2 m de potencia en el cual los foraminíferos bentónicos son escasos, pequeños y pobremente preservados. Este intervalo consiste en arcillas gris oscuras ricas en yeso y concreciones ferruginosas. La pirita desaparece en este intervalo, cuando es común en el resto de la serie estratigráfica. Las conchas de foraminíferos planctónicos están rotas. Las conchas calcáreas de los foraminíferos están afectadas por disolución parcial, incrementándose la abundancia de taxones aglutinados.

Se analizó un total de 56 muestras. Todas las muestras fueron lavadas con tamices de fracción 250, 100 y 63 micras. Para analizar cuantitativamente la evolución de las asociaciones de foraminíferos planctónicos y bentónicos a través del tránsito P-E, se separaron alrededor de 300 ejemplares por muestra, utilizando un microcuarteador tipo Otto.

Zili (2004) analizó los foraminíferos bentónicos de Kharrouba, mostrando que los aglutinados son abundantes, destacando *Rzehakina epigona*, *Gaudryina* spp., *Dorothia* spp., *Bathysiphon* spp., *Ammodiscus* spp. y *Clavulinoides* spp. Las asociaciones de foraminíferos bentónicos incluyen especies de tipo-Velaso (ver Thomas, 1990, y Zili, 2004), tales como *Nutallides truempyi* o *Coryphostoma midwayensis*. Estas asociaciones indican una profundidad aproximada de más de 1000 m, es decir, un medio batial inferior.

## BIOESTRATIGRAFÍA

Para las interpretaciones bioestratigráficas se ha utilizado la zonación con foraminíferos planctónicos del tránsito P-E de Berggren y Pearson (2006), y se ha comparado con la de Molina *et al.* (1999). La figura 2 muestra la posición de las diferentes zonas así como la distribución máxima de las especies-índice reconocidas en Kharrouba. Se han reconocido las biozonas P5 (Paleoceno superior), E1, E2, E3 y E4 (Eoceno inferior) de Berggren y Pearson (2006).

- **Biozona P5 o Zona de Intervalo de *Morozovella velascoensis***: Es el intervalo estratigráfico comprendido entre el dato de último registro (DUR) de *Luterbacheria pseudomenardii* y el dato de primer registro (DPR) de *Acarinina sibayaensis*. En Kharrouba, la biozona tiene una potencia de 11,2 m en su parte estudiada. Esta biozona corresponde a la parte inferior de la Zona de *Morozovella velascoensis* de Molina *et al.* (1999), quienes la subdividieron en tres subbiozonas: Subzonas de *Morozovella aequa*, *Morozovella gracilis* y *Acarinina berggreni*. La última subzona se define como el intervalo entre el DPR de *A. berggreni* y el DPR de *A. sibayaensis*, y su base coincide con el apogeo de *Acarinina* relacionado con el evento P/E (Arenillas y

Molina, 2000). No se ha podido reconocer en Jebel Kharrouba.

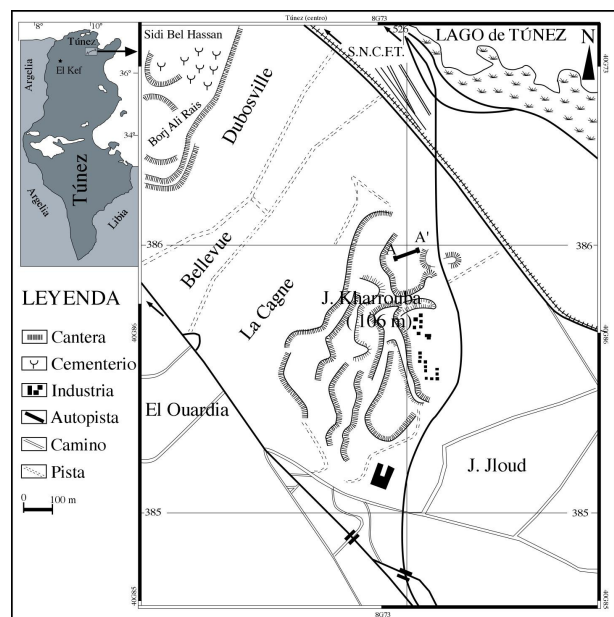


FIGURA 1. Localización geográfica del corte de Kharrouba.

- **Biozona E1 o Zona de Intervalo de *Acarinina sibayaensis***: Es el intervalo estratigráfico comprendido entre el DPR de *Acarinina sibayaensis* y el DPR de *Pseudohastigerina wilcoxensis*. En Kharrouba, la biozona tiene una potencia aproximada de 0,9 m. De acuerdo a Berggren y Pearson (2006), la base de esta biozona coincide con el límite P/E. Según Arenillas y Molina (2000), el límite P/E coincidiría con la base de su Subzona de *A. berggreni*, ya que el DPR de *A. sibayaensis* se sitúa en un posición superior a la base del CIE y del acmé de *Acarinina*.

- **Biozona E2 o Zona de Extensión Coincidente de *Pseudohastigerina wilcoxensis*/*Morozovella velascoensis***: Es el intervalo estratigráfico comprendido entre el DPR de *Pseudohastigerina wilcoxensis* y el DUR de *Morozovella velascoensis*. Esta biozona se corresponde con la Subzona de *P. wilcoxensis* de Molina *et al.* (1999). En Kharrouba, la biozona tiene una potencia aproximada de 2,9 m.

- **Biozona E3 o Zona de Intervalo de *Morozovella marginodentata***: Es el intervalo estratigráfico comprendido entre el DUR de *Morozovella velascoensis* y el DPR de *Morozovella formosa*. En Jebel Kharrouba, la biozona tiene una potencia aproximada de 13,5 m. Esta biozona corresponde a la parte inferior de la Zona de *Morozovella subbotinae* de Molina *et al.* (1999), quienes la subdividieron en tres subzonas: Subzonas de *Morozovella edgari*, *Morozovella subbotinae* y *Morozovella formosa*. La última subzona corresponde a la Biozona E4 de Berggren y Pearson (2006).

- **Biozona E4 o Zona de Intervalo de *Morozovella formosa***: Es el intervalo estratigráfico comprendido entre el DPR de *Morozovella formosa* y el DPR de *Morozovella aragonensis*.

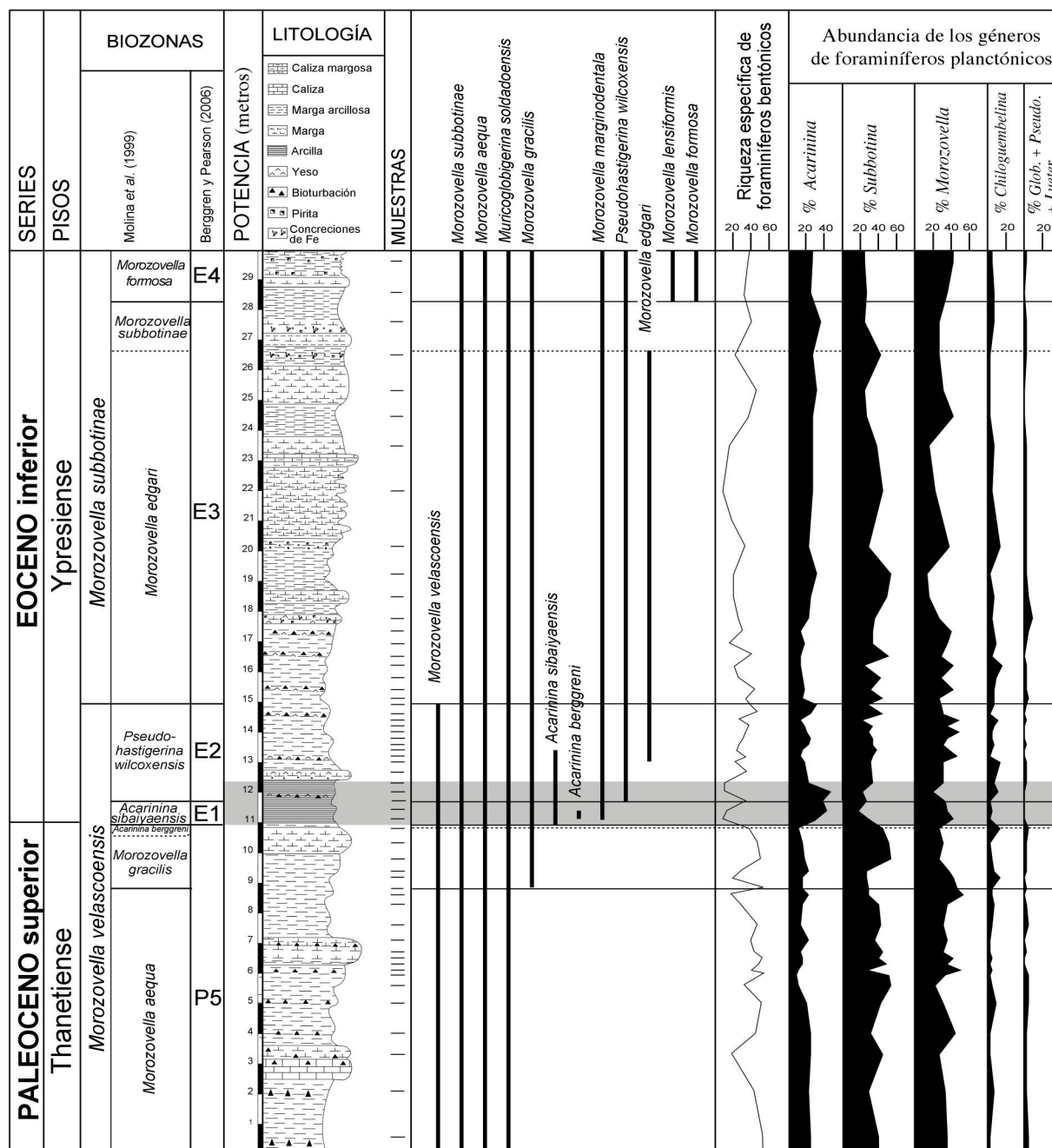


FIGURA 2. Zonas de foraminíferos planctónicos reconocidas, columna estratigráfica esquemática, distribución estratigráfica máxima de especies índice, riqueza específica de foraminíferos bentónicos y distribución cuantitativa de los géneros de foraminíferos planctónicos a través del tránsito Paleoceno-Eoceno de Kharrouba.

**EVENTOESTRATIGRAFÍA**

De acuerdo con Zili (2004), el BFEE se sitúa en el metro 11 de la sección de Kharrouba, es decir, en el nivel correspondiente a la base de la Biozona E1 (Fig. 2). La riqueza específica de foraminíferos bentónicos desciende bruscamente indicando una gran perturbación en los fondos oceánicos profundos. Algunas especies disminuyen su tamaño, pero incrementan su abundancia relativa, tales como *Aragonia aragonensis* y *Tappanina selmensis*. La diversidad de foraminíferos bentónicos permanece baja en el corto intervalo estratigráfico de arcilla oscura (1,2 m de potencia). También se observa disolución parcial de las conchas calcáreas de

foraminíferos, por lo que la abundancia relativa de los taxones aglutinados aumenta.

Este intervalo también se caracteriza por el apogeo de *Acarinina* (Fig. 2), sugiriendo un calentamiento de las aguas superficiales y estrés medioambiental. Se registran por primer vez especies relacionadas con el evento hipertermal del P/E tales como *Acarinina sibaiaensis*, *Acarinina africana* y *Morozovella allisoniensis*. Estos datos son consistentes con los identificados en otras secciones como Zumaya, Alamedilla y Caravaca en España (Arenillas y Molina, 1996, 2000; Molina et al., 1999), o Dababiya y Gebel Aweina en Egipto (Speijer y Schmitz, 1998; Alegret et al., 2005).

Este horizonte se corresponden por tanto con el evento hipertermal del límite P/E o PETM. En Kharrouba, el registro del episodio de calentamiento climático del Eoceno temprano (o EETM de las siglas inglesas *Earliest Eocene Thermal Maximum*) abarca el intervalo arcilloso con disolución de carbonato cálcico (Biozona E1 y parte inferior de Biozona E2). Este intervalo estratigráfico indica probablemente un incremento de la corrosividad de las aguas oceánicas, con ascenso del nivel de compensación de la calcita y de la lisoclina, que llegaron a profundidades batiales en el Tetis. Estos datos sugieren que el incremento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera e hidrosfera provocó un mayor efecto invernadero y un ascenso de la lisoclina a escala mundial.

## CONCLUSIONES

El análisis de la distribución estratigráfica y cuantitativa de los foraminíferos planctónicos en el tránsito P-E de Kharrouba (Túnez) ha permitido identificar el límite P/E en la sección en la base de la Biozona E1. El apogeo de *Acarinina* identificado en el metro 11 de la sección de Kharrouba en coincidencia con un brusco descenso de la riqueza específica de foraminíferos bentónicos podría representar el PETM o evento hipertermal del límite P/E, así como el evento de extinción en masa de foraminíferos bentónicos (BFEE) del límite P/E.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos *Consolider* CGL2007-63724 y AECI A/4845/06 (Ministerio de Educación y Ciencia) y del Grupo de Investigación Consolidado DGA grupo E05 (Departamento de Educación y Ciencia del Gobierno de Aragón).

## REFERENCIAS

- Alegret, L., Ortiz, S., Arenillas, I. y Molina, E. (2005): Palaeoenvironmental turnover across the Paleocene/Eocene boundary at the Stratotype section in Dababiya (Egypt) base don benthic foraminifera. *Terra Nova*, 17: 526-536.
- Arenillas, I. y Molina, E. (1996): Bioestratigrafía y evolución de las asociaciones de foraminíferos planctónicos del tránsito Paleoceno-Eoceno en Alamedilla (Cordilleras Béticas). *Revista Española de Micropaleontología*, 18: 85-98.
- Arenillas, I. y Molina, E. (2000): Reconstrucción paleoambiental con foraminíferos planctónicos y Cronoestratigrafía del tránsito Paleoceno-Eoceno de Zumaya (Guipúzcoa). *Revista Española de Micropaleontología*, 32(3): 283-300.
- Berggren, W.A. y Pearson, P.N. (2006): Tropical to subtropical planktonic foraminiferal zonation of the Eocene and Oligocene. En: Pearson, P.N., Olsson, R.K., Huber, B.T., Hemleben, C. and Berggren, W.A. (eds), *Atlas of Eocene Planktonic Foraminifera. Cushman Foundation Special Publication*, 41: 29-40.
- Dickens, G.R., Castillo, M.M. y Walker, J.C.G. (1997): A blast of gas in the latest Paleocene: Simulating first-order effects of massive dissociation of oceanic methane hydrate. *Geology*, 25: 259-262.
- Molina, E., Arenillas, I. y Pardo, A. (1999): High resolution planktic foraminiferal biostratigraphy and correlation across the Palaeocene/Eocene boundary in the Tethys. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 170(4): 521-530.
- Shackleton, N.J., Hall, M. A. y Bleil, U. (1985): Carbon isotope stratigraphy Site 577. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 86: 503-511.
- Speijer, R.P. y Schmitz, B. (1998): A benthic foraminiferal record of Paleocene sea level and trophic/redox conditions at Gebel Aweina, Egypt. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 137: 79-101.
- Thomas, E. (1990): Late Cretaceous-early Eocene mass extinctions in the deep-sea. *Geological Society of America, Special Publication*, 47: 283-296.
- Zili, L. (2004): Étude comparée des foraminifères benthiques de l'intervalle du passage Paléocène-Eocène dans les coupes du Jebel Kharrouba et du Jebel Salsala: Paléontologie et Paléoécologie. Mémoire du Mastère de Géologie, FST, Université de Tunis El Manar, Túnez, 134 pp. (inédito).