

# Bioestratigrafía y reconstrucción paleoambiental del tránsito Cretácico-Paleógeno en El Mimbral (México)

L. Alegret<sup>1,2</sup>, I. Arenillas<sup>2</sup>, J.A. Arz<sup>2</sup> y E. Molina<sup>2</sup>

1 Dept. Earth Sciences, University College London, WC1E 6BT Londres (Reino Unido).

2 Dpto. Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, C/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza (España). laia@unizar.es, ias@unizar.es, josearz@unizar.es, emolina@unizar.es

## ABSTRACT

Upper Cretaceous and Lower Paleogene benthic and planktic foraminifera from the El Mimbral section (Mexico) were analysed in order to infer the biostratigraphy and the paleoenvironmental turnover across the Cretaceous/Paleogene (K/Pg) boundary. In the El Mimbral section, the Upper Cretaceous marly Méndez and the Lower Paleogene marly Velasco Formations are separated by a 0.5 to ~3 m-thick-Clastic Unit. We studied the upper 2 m of the Méndez Formation and the lowermost 3 m of the Velasco Formation, comprising the upper Maastrichtian *A. mayaroensis* and *P. hantkeninoides* Biozones, and the lower Danian *G. cretacea* and *Pv. eugubina* Biozones, respectively. Planktic foraminifera were affected by a catastrophic extinction at the K/Pg boundary, whereas benthic foraminifera show reorganization of the community structure rather than significant extinction. The benthic foraminiferal turnover may have resulted from the drop in primary productivity after the asteroid impact at the K/Pg boundary.

**Key words:** foraminifera, Cretaceous/Paleogene, Mexico.

## INTRODUCCIÓN

El límite Cretácico/Paleógeno (K/Pg) ha atraído la atención de la comunidad científica desde que se descubrió la coincidencia de dicho límite con una extinción en masa catastrófica de foraminíferos planctónicos y una serie de anomalías geoquímicas y mineralógicas de origen meteorítico. La identificación del cráter de impacto de Chicxulub (Península de Yucatán, México) y el hallazgo de la eyecta proximal y distal han contribuido a que la comunidad científica acepte el impacto meteorítico como la teoría más plausible para explicar los cambios paleobiológicos y geológicos observados en el límite K/Pg. En las áreas circundantes a la estructura de Chicxulub (Sureste de México, Guatemala, Belice y Cuba) se formó una "Unidad Brechificada" o "Brecha de Impacto" como consecuencia del impacto, mientras que en el área del Golfo de México y Caribe se depositó una "Unidad Clástica" que puede correlacionarse a lo largo de centenares de kilómetros. Actualmente todavía existe una importante controversia científica que hace referencia al origen de los depósitos característicos del límite K/Pg, a los patrones de extinción observados en medios marinos y terrestres, y a los cambios paleoambientales ocurridos en el Daniense basal.

Los cortes mexicanos del límite K/Pg son particularmente interesantes debido a su proximidad al cráter de impacto. En concreto, el perfil de El Mimbral es un corte clásico del límite K/Pg en México, y constituye por tanto

uno de los perfiles más conocidos y estudiados en el Golfo de México (ej., Smit *et al.*, 1992, 1996; Keller *et al.*, 1994; Rocchia *et al.*, 1996). En el presente trabajo presentamos un detallado análisis de las asociaciones de foraminíferos del tránsito K-Pg en El Mimbral, que nos han permitido detallar la bioestratigrafía y la evolución paleoecológica y paleoambiental en torno al límite K/Pg.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El corte de El Mimbral (23°12'42"N, 98°40'29"O) está situado en el Estado de Tamaulipas, 10 km al Este de la carretera nacional que comunica Ciudad Victoria y Tampico (Fig. 1). Los materiales del tránsito K-Pg afloran en la orilla Sur del Arroyo El Mimbral, a unos 4,5 km al Este de las líneas eléctricas. De los 35 m de potencia que alcanza la Formación Méndez en este sector (Smit *et al.*, 1996), se han estudiado en detalle los 4 m superiores, que consisten en margas grises masivas del Cretácico Superior, dispuestas en niveles tabulares de potencia decimétrica. Sobre éstas se dispone la Unidad Clástica, que varía desde 0,5 m hasta 3,20 m de potencia. Esta unidad se inicia con una alternancia de niveles detríticos constituidos principalmente por areniscas y microesférulas. Las microesférulas se concentran hacia la base de esta unidad, y están recristalizadas a calcita en su mayoría, aunque algunos autores han hallado vidrio en el interior de algunas de ellas (Smit *et al.*, 1992). Además de las microesférulas, en este cuerpo se identifican cuarzos de

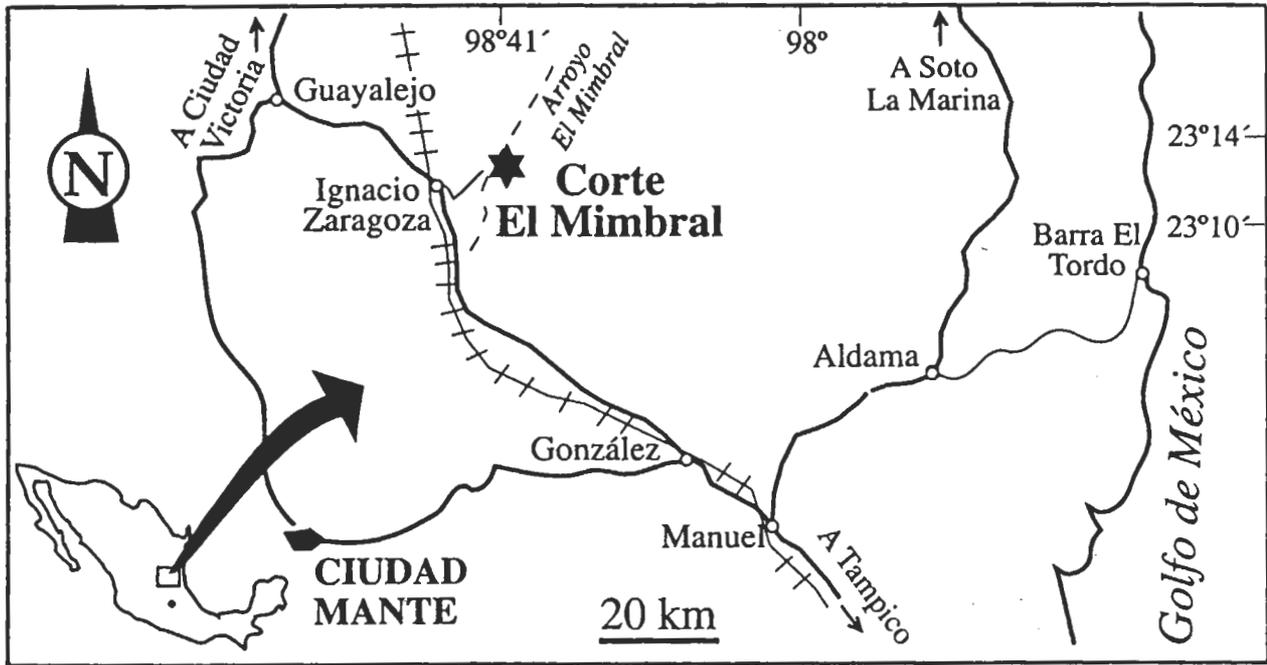


FIGURA 1. Localización geográfica del corte de El Mimbral.

choque (Smit *et al.*, 1992) y cantos blandos de margas. Sobre esta alternancia se disponen una serie de cuerpos tabulares de potencia centimétrica constituidos por areniscas ocreas de grano medio a fino. Las bases de los estratos, ocasionalmente canaliformes, contienen abundantes restos de plantas y cantos blandos de margas. Sobre la Unidad Clástica se dispone la Formación Velasco, de la cual se han estudiado los 3 m inferiores. Esta unidad consiste en margas grises masivas, dispuestas en niveles tabulares de potencia decimétrica. Smit *et al.* (1992, 1996) y Rocchia *et al.* (1996) hallaron concentraciones anómalas de Ir y un aumento en el número de espinelas ricas en níquel en los últimos centímetros de la Unidad Clástica y en la base de la Formación Velasco en El Mimbral.

Tanto la Formación Méndez como la Formación Velasco contienen abundantes foraminíferos bentónicos y planctónicos, siendo el índice P/B ~90%. Se ha realizado un estudio cuantitativo de las asociaciones de foraminíferos mayores de 63 micras, obtenidos mediante la técnica del levigado (ej., Alegret y Thomas, 2001). La interpretación paleoambiental se ha basado en el análisis morfotípico de las conchas de los foraminíferos bentónicos, en función de las cuales se han inferido sus microhábitats, explicados en términos de aporte de nutrientes al fondo marino (Jorissen *et al.*, 1995).

## BIOESTRATIGRAFÍA

En este trabajo se ha aplicado la biozonación basada en foraminíferos planctónicos propuesta por Molina *et al.* (1996). En el corte de El Mimbral se reconocen las Biozonas de *Abathomphalus mayaroensis* y de *Plummerita hant-*

*keninoides* en el Maastrichtiense superior, y las Biozonas de *Güembelitra cretacea* y *Parvularugoglobigerina eugubina* en el Daniense inferior. En la figura 2 se muestra la potencia que alcanza cada una de estas biozonas en el corte de El Mimbral. La parte basal del Daniense (primeros 30 cm sobre la Unidad Clástica) contiene abundantes foraminíferos del Cretácico Superior, que muestran importantes evidencias de reelaboración. El límite entre las Biozonas de *G. cretacea* y *Pv. eugubina* se sitúa aproximadamente 120 cm por encima de la Unidad Clástica. La primera muestra por encima de esta unidad contiene ya *Parvularugoglobigerina longiapertura*, por lo que la Biozona P0 de Berggren *et al.* (1995) está ausente en El Mimbral.

## ASOCIACIONES DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS

En el corte de El Mimbral predominan los foraminíferos bentónicos de conchas calcíticas, excepto en la Biozona de *P. hantkeninoides*, donde aparecen asociaciones mixtas de foraminíferos calcíticos y aglutinados. Las asociaciones de foraminíferos bentónicos del Maastrichtiense superior (Biozona de *A. mayaroensis*, excepto los 50 cm superiores de ésta) están dominadas por taxones de conchas cilíndricas alargadas, como *Eouvigerina subsculptura* y *Clavulinoides trilatera*, que se interpretan como infaunales (Alegret *et al.*, 2001). Estas dos especies constituyen hasta el 66% de las asociaciones (Fig. 2); sin embargo, en la parte superior de la Biozona de *A. mayaroensis* y la Biozona de *P. hantkeninoides*, el porcentaje de *E. subsculptura* disminuye progresivamente mientras que el de *Cl. trilatera* aumenta, convirtiéndose finalmente en la especie dominante. Otras especies infaunales comunes en el Maastrichtiense son *Spi-*

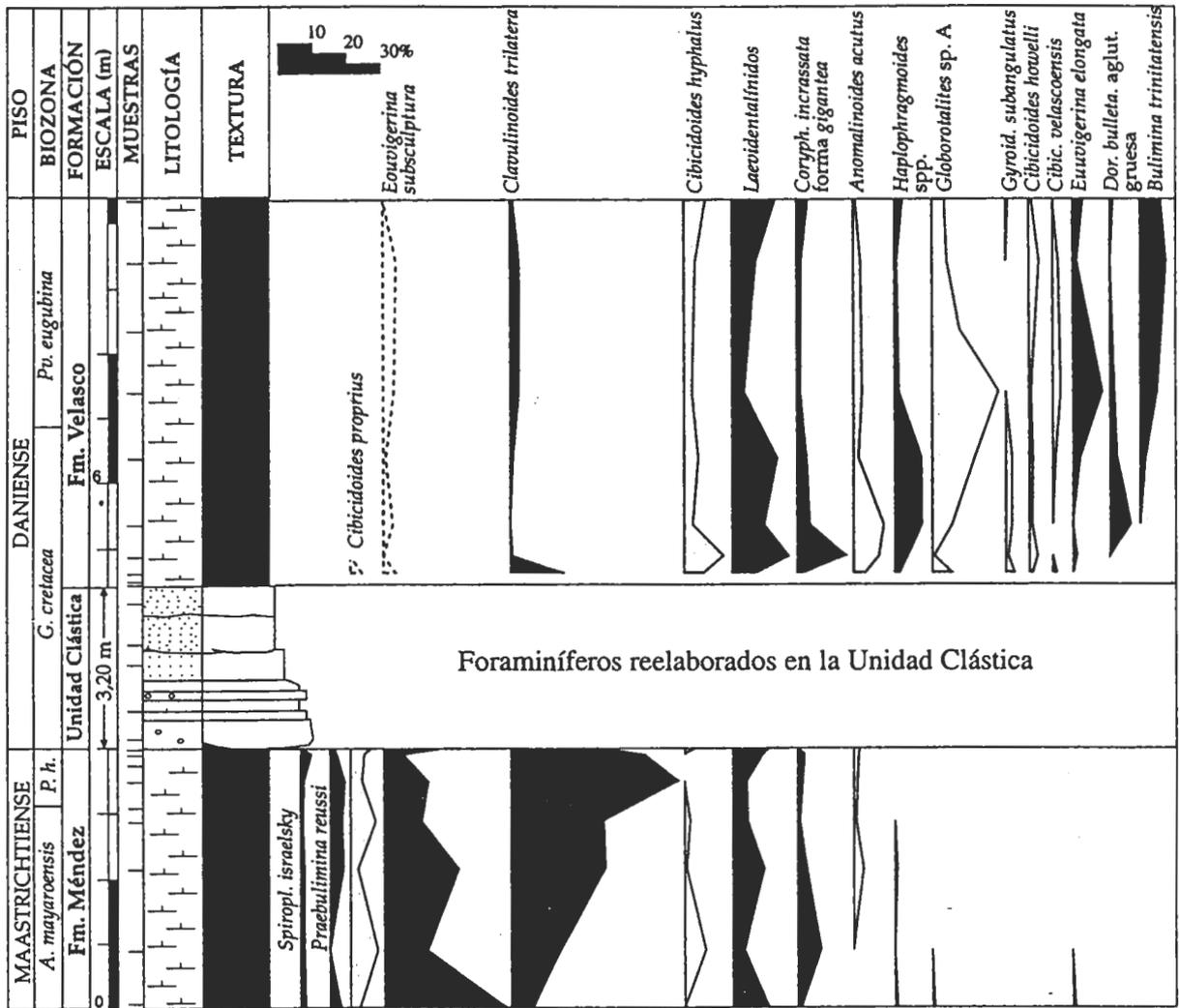


FIGURA 2. Porcentajes de las especies de foraminíferos bentónicos más abundantes en el tránsito K-Pg de El Mimbral. Las especies sombreadas en gris se interpretan como epifaunales, mientras que los porcentajes en negro corresponden a especies infaunales. P.h.= Biozona de *P. hantkeninoides*.

*roplectamina israelskyi* o *Praebulimina reussi*, cuyo último registro ocurre justo en la base de la Unidad Clástica (Fig. 2). Sin embargo, la especie *Eouvigerina subsculptura*, al contrario de lo que ocurre en otros cortes del límite K/Pg en México (Alegret y Thomas, 2001; Alegret *et al.*, 2001), se ha identificado varios metros por encima de dicho horizonte. La peor conservación de sus ejemplares, su escasez y su distribución estratigráfica anómala y discontinua indica que se trata de ejemplares reelaborados. La presencia de abundantes foraminíferos planctónicos cretácicos reelaborados en las margas de la Formación Velasco confirma esta hipótesis y sugiere que los procesos de reelaboración fueron muy intensos en la parte basal de la Formación Velasco en El Mimbral.

Los foraminíferos bentónicos infaunales disminuyen en las primeras muestras de la Formación Velasco; por el contrario, aumentan las formas trocospiraladas planoconvexas y biconvexas (ej., *Anomalinoidea acutus*, *Cibicoides*

*hyphalus*, *Globorotalites* sp. A), que son interpretadas como epifaunales. En los 4 primeros centímetros de la Formación Velasco los foraminíferos bentónicos son muy escasos. Los primeros registros de *Cibicoides howelli*, *C. velascoensis*, *Eouvigerina elongata*, *Gyroidinoides subangulatus* se sitúan 6 cm por encima de la Unidad Clástica. Posteriormente se ha identificado el primer registro de *Dorothyia bulleta* var. aglutinada gruesa y *Bulimina trinitatisensis*, y un incremento en el porcentaje de *Globorotalites* sp. A. En la parte superior del intervalo estudiado no se observan especies dominantes.

INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos del tránsito K-Pg en el Mimbral contienen abundantes representantes de la fauna tipo Velasco y especies típicas de medios profundos, y sugieren que las formaciones Méndez y

Velasco se depositaron a unos 1000 metros de profundidad, en la parte inferior del talud (Alegret *et al.*, 2001). Por el contrario, la Unidad Clástica contiene elementos procedentes de medios someros (neríticos) mezclados con microfósiles. Estas características han sido puestas de manifiesto en otros perfiles del golfo de México por Soria *et al.* (2001) y Alegret *et al.* (2001, 2002), e interpretaron que esta unidad se depositó en medios profundos como consecuencia de los flujos de masas originados por el impacto del límite K/Pg.

El elevado porcentaje de foraminíferos infaunales refleja un elevado aporte de nutrientes al fondo marino durante el Maastrichtiense terminal. El estudio de los foraminíferos bentónicos muestra la existencia de una importante reorganización de sus comunidades en el límite K/Pg. El descenso en el porcentaje de los morfogrupos infaunales indica una drástica reducción en el aporte de nutrientes al fondo marino, ligado al colapso de la productividad primaria. Los cambios experimentados por las asociaciones de foraminíferos bentónicos, su recuperación escalonada durante el Paleógeno Inferior, y la extinción en masa de los foraminíferos planctónicos son compatibles con un evento único y catastrófico. La hipótesis de un impacto meteorítico parece ser la hipótesis más plausible para explicar el descenso de la productividad primaria y los cambios faunísticos observados en coincidencia con el límite K/Pg.

#### AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por los proyectos DGES BTE2001-1809 (Ministerio de Ciencia y Tecnología) y DGA 2002-4 (Dirección General de Aragón). L. A. disfruta de una beca postdoctoral del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (EX2003-0007).

#### REFERENCIAS

- Alegret, L. y Thomas, E. (2001): Upper Cretaceous and lower Paleogene benthic foraminifera from northeastern Mexico. *Micropaleontology*, 47 (4): 269-316.
- Alegret, L., Molina, E. y Thomas, E. (2001): Benthic foraminifera at the Cretaceous/Tertiary boundary around the Gulf of Mexico. *Geology*, 29 (10): 891-894.
- Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J.A., Liesa, C., Meléndez, A., Molina, E., Soria, A.R. y Thomas, E. (2002): The Cretaceous/Tertiary boundary: sedimentology and micropaleontology at El Mulato section, NE Mexico. *Terra Nova*, 14 (5): 330-336.
- Berggren W.A., Kent, D.V., Swisher III, C.C. y Aubry, M.P. (1995): A revised Paleogene Geochronology and Chronostratigraphy. En: *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation* (W.A. Berggren, D.V. Kent, M.P. Aubry y J. Hardenbol, Eds.). Society of Economic Geologist and Paleontologist Special Publication 54, SEPM, Tulsa, 129-213
- Jorissen, F.J., Stigter, H.C. y Widmark, J.G.V. (1995): A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology*, 26: 3-15.
- Rocchia, R., Robin, E., Froget, L. y Gayraud, J. (1996): Stratigraphic distribution of extraterrestrial markers at the Cretaceous-Tertiary boundary in the Gulf of Mexico area: Implications for the temporal complexity of the event. En: *New Developments Regarding the KT Event and Other Catastrophes in Earth History* (G. Ryder, D. Fastovsky y S. Gartner, Eds.). Geological Society of America, Special Paper, 307: 279-286.
- Smit, J., Montanari, A., Swinburne, N.H.M., Alvarez, W., Hildebrand, A.R., Margolis, S.V., Claeys, P., Lowrie, W. y Asaro, F. (1992): Tektite-bearing, deep-water clastic unit at the Cretaceous-Tertiary boundary in northeastern Mexico. *Geology*, 20: 99-103.
- Smit, J., Roep, Th.B., Alvarez, W., Montanari, A., Claeys, P., Grajales-Nishimura, J.M. y Bermudez, J. (1996): Coarse-grained, clastic sandstone complex at the Cretaceous/Tertiary boundary around the Gulf of Mexico: Deposition by tsunami waves induced by the Chicxulub impact? En: *New Developments Regarding the KT Event and Other Catastrophes in Earth History* (G. Ryder, D. Fastovsky y S. Gartner, Eds.). Geological Society of America, Special Paper, 307: 151-182.
- Soria, A.R., Liesa-Carrera, C.L., Mata, M.P., Arz, J.A., Alegret, L., Arenillas, I. y Meléndez, A. (2001): Slumping and a sandbar deposit at the Cretaceous/Tertiary in the El Tecolote sector (northeastern Mexico): An impact induced sediment gravity flow. *Geology*, 29 (3): 231-234.