

# Secuencia estratigráfica y eventos evolutivos de foraminíferos en el tránsito Cretácico-Terciario

I. Arenillas<sup>1</sup>, L. Alegret<sup>1</sup>, J.A. Arz<sup>2</sup>, C. Liesa<sup>1</sup>, A. Meléndez<sup>1</sup>, E. Molina<sup>1</sup> y A.R. Soria<sup>1</sup>

1 Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza. España

2 Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León. 67700 Linares. México

## ABSTRACT

*A stratigraphic and micropaleontologic study based on planktic and benthic foraminifera from sections of Gulf of Mexico, Europe and North Africa helped us to recognize several stratigraphic units and foraminiferal evolutionary episodes. The presence or absence of these units and events in a section depends on the continuity and proximity to the Chicxulub impact crater. Two main units may be recognized: clastic unit and boundary clay. According to the impact theory and the K/T stratotype definition from El Kef (Tunisia), the K/T boundary must be placed at the base of the layer with the first impact evidences, since this horizon is the most isochronous world-wide.*

**Keywords:** Foraminifera, extinction, Maastrichtian, Danian.

## INTRODUCCIÓN

El estratotipo del límite Cretácico/Terciario (K/T) fue definido en el corte de El Kef (Tunisia) y situado en la base de una arcilla de color oscuro (arcilla del límite). Esta arcilla está caracterizada por un incremento del carbono orgánico total (COT) y un descenso del  $\delta^{13}\text{C}$  y del  $\%\text{CaCO}_3$  que indican un importante evento anóxico y un brusco descenso de la productividad marina. En la parte basal de esta arcilla hay una lámina roja con diversas evidencias de impacto, tales como una anomalía de Ir, un incremento de espinelas ricas en Ni y la presencia de microtectitas y cuarzo de impacto. El evento que produjo todas estas evidencias de impacto provocó la mayor extinción en masa catastrófica de la historia evolutiva de los foraminíferos planctónicos (Smit, 1982; Molina *et al.*, 1996, 1998) y una drástica modificación en las asociaciones de foraminíferos bentónicos (Alegret *et al.*, 1999). Todas estas evidencias apoyan la teoría del impacto de un meteorito en coincidencia con el límite K/T (Alvarez *et al.*, 1980).

De acuerdo con esta teoría, existe una secuencia marina de eventos reconocibles a escala mundial. Smit y Romein (1985) reconocieron cinco unidades: Unidad 1) del Cretácico terminal, representada en medios pelágicos por margas o calizas ricas en foraminíferos planctónicos; Unidad 2) rica en componentes extraterrestres, con una concentración anómala de Ir, microesférulas, foraminíferos reelaborados, pobre en carbonatos y rica en pirita, de color oscuro o rojo; Unidad 3), constituida por minerales detríticos de arcilla, de color oscuro, y con muy escasos forami-

níferos principalmente de especies supervivientes; Unidad 4), constituida por arcilla pero con mayor contenido en carbonato y caracterizada por la presencia de los primeros taxones paleocenos; Unidad 5), comparable en todos los aspectos a la primera, excepto en que las especies de foraminíferos planctónicos son completamente nuevas.

El estudio de cortes de Golfo de México (Bochil, El Mimbral, La Ceiba), de Europa (Agost, Caravaca, Gubbio, Osinaga, San Sebastián, Zumaya) y del Norte de África (Ain Settara, El Kef, Elles) nos permite presentar una secuencia de unidades y eventos litoestratigráficos y quimioestratigráficos reconocibles en el tránsito K-T, así como una secuencia de eventos y episodios en la evolución de las asociaciones de foraminíferos planctónicos y bentónicos en medios marinos profundos.

## UNIDADES Y EVENTOS ESTRATIGRÁFICOS

Hildebrand y Boynton (1990) distinguieron dos capas fundamentales en el límite K/T: Capa 1) o capa de expulsión (*ejecta layer*), de espesor variable y compuesta del material fragmentado y expulsado por el impacto; Capa 2) o capa de elementos evaporados (*fireball layer*), producto de la vaporización del cuerpo impactante y la roca impactada. Ambas capas están genéticamente relacionadas y presentan una composición en elementos traza muy similar. La capa de elementos evaporados (que incluye el Ir y otros elementos del grupo del Pt) tiene una dispersión global y se concentra fundamentalmente en la lámina roja de la base de la arcilla del límite.



FIGURA 1.- Secuencia de unidades estratigráficas y episodios evolutivos de foraminíferos en el límite K/T.

Por el contrario, la capa de expulsión presenta una distribución restringida a las cercanías del lugar de impacto en Chicxulub (Yucatán, México) (Hildebrand *et al.*, 1991).

En el presente trabajo hemos reconocido dos unidades fundamentales divididas en 5 subunidades (Fig. 1). La primera unidad se suele denominar como unidad clástica y se identifica en cortes del Golfo de México (Bochil, El Mímbra, La Ceiba, etc.; Fig. 2). Dentro de esta unidad, se distinguen 3 subunidades:

- Subunidad I: Brecha y eyecta de tamaño grueso, que incluye material expulsado del área de impacto y material emplazado por procesos de *debris flow* inducidos a su vez por los seísmos asociados al impacto.

- Subunidad II: Material fino de eyecta, caracterizado por las microtectitas, que son más grandes cuanto más cerca al lugar de impacto se encuentre el corte. Las subunidades I y II se corresponden con lo que Hildebrand y Boynton (1990) denominaron capa de expulsión.

- Subunidad III: Capa de arenisca, caracterizada por un secuencia granodecreciente asimilable a una megaturbidita, con estructuras sedimentarias de alta energía (estratificación cruzada, ripples escalantes, etc.) y probablemente ocasionadas directa o indirectamente por olas gigantes tipo *tsunami*.

La segunda unidad se suele denominar como arcilla del límite y tiene una distribución global. Hemos identificado dos unidades fundamentales:

- Subunidad IV: Lámina roja con elementos evaporados, caracterizada por la concentración anómala de Ir y de otros elementos del grupo del Pt.

- Subunidad V: Arcilla oscura, caracterizada por cambios geoquímicos e isotópicos tales como el incremento del COT y el descenso del  $\delta^{13}C$ ,  $\%CaCO_3$  y  $\delta^{18}O$ .

#### EVENTOS MICROPALAEONTOLÓGICOS (FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS Y BENTÓNICOS)

El estudio cuantitativo de cortes de España, Tunicia y Golfo de México permite identificar varios episodios cuantitativos con foraminíferos planctónicos en el tránsito K-T basados en las abundancias relativas de diversos géneros (Arenillas *et al.*, 1998, 2000; Arz *et al.*, 2000). El episodio inicial (Episodio 0) se corresponde con el Maastrichtiense terminal y está caracterizado por asociaciones muy estables y diversificadas (con *Globotruncanidos*, *Racemiguembelínidos*, etc.), y dominadas por *Heterohelícidos*. En la parte inferior del Daniense, después de la extinción en masa catastrófica del 70% de las especies finicretácicas, se identifican 4 episodios: Episodio 1) dominado por *Guembeltria*; Episodio 2) dominado por *Parvularugoglobigerina* y *Globoconusa*; Episodio 3) dominado por *Chiloguembelina* y *Woodringina*; y Episodio 4) dominado por *Praemurica*, *Parasubbotina*, *Eoglobigerina*, *Subbotina*

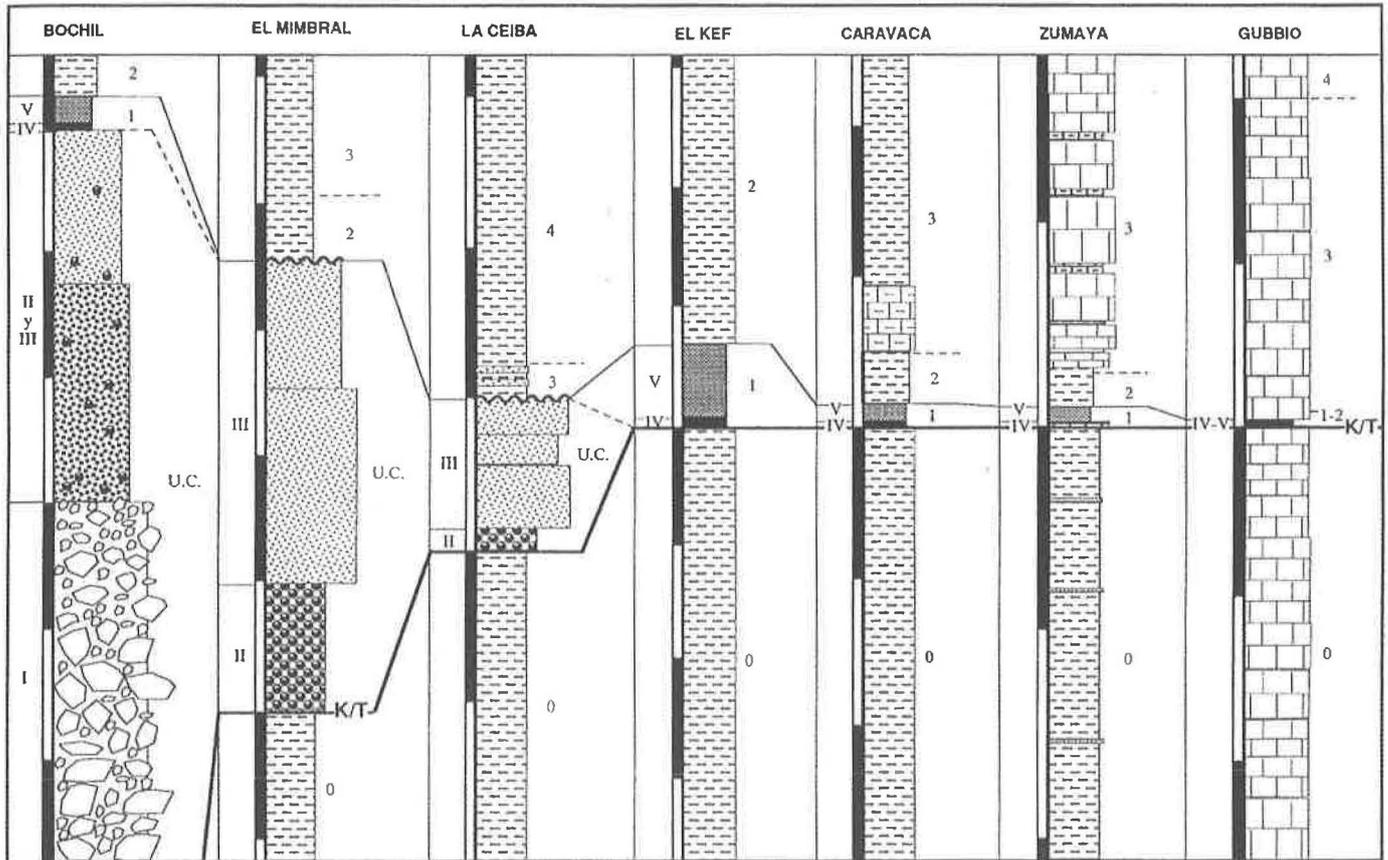


FIGURA 2.- Reconocimiento de unidades y episodios y correlación de diversos cortes del Golfo de México, Europa y Norte de África (Barra de escala = 1 metro).

y *Globanomalina* (Fig. 1). La correlación de estos episodios cuantitativos con la biozonación de Molina *et al.* (1996) y Berggren *et al.* (1995) se representa en la Fig. 1.

Los episodios de la parte inferior del Daniense son una consecuencia de la radiación evolutiva que se produce tras la extinción del límite K/T. El evento K/T también afectó a las asociaciones de foraminíferos bentónicos, aunque sólo provocó la extinción de aproximadamente el 25% de las especies. El estudio cuantitativo con foraminíferos bentónicos ha permitido también identificar 3 episodios principales. El Maastrichtiense terminal está caracterizado por asociaciones mixtas de morfogrupos infaunales y epifaunales, que indican una gran estabilidad medioambiental. En el Daniense basal (Biozonas de *Guembelitra cretacea* y *Parvularugoglobigerina eugubina*) se observa un importante incremento de epifaunales y la desaparición temporal (efecto Lázaro) de muchas especies infaunales. En el tercer episodio, a partir de la Biozona de *Parasubbotina pseudobulloides*, se produce un progresivo aumento de infaunales, aunque no vuelven alcanzar la abundancia que presentaban al final de Cretácico.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La identificación de las unidades litoestratigráficas y los episodios evolutivos descritos anteriormente dependen de la continuidad de cada corte y de su proximidad al lugar de impacto. Por otro lado, los límites entre unidades y episodios no son completamente nítidos, y algunas veces aparecen mezclados debido a la condensación del corte o al propio solapamiento en el tiempo de los diversos eventos descritos. De esta manera, la Subunidad I de la capa de expulsión se identifica preferentemente en cortes cercanos al lugar de impacto (cráter de Chicxulub), como el de Bochil. La Subunidad III se ha registrado casi exclusivamente en el Golfo de México, en cortes como El Mimbral o La Ceiba. No obstante, Stinnesbeck *et al.* (1998) identificaron en Elles (Tunicia) un depósito bioclástico canalizado en coincidencia con el límite K/T que podría pertenecer a esta subunidad y podría ser consecuencia de un episodio singular de alta energía ocasionado por las olas de tipo tsunami muy debilitadas tras atravesar el Atlántico (Arz *et al.*, 1999).

La decantación final de los detríticos finos incluye también foraminíferos reelaborados, cuarzos de choque, espinelas de Ni e incluso el propio Ir. Por esta razón, estos elementos se han identificado en la parte superior de la unidad clástica de cortes del Golfo de México (ej. El Mimbrial) y en la arcilla del límite. La Subunidad II o nivel de microtectitas tiene también una dispersión global, aunque en cortes alejados del Golfo de México, como los del Tetis, sólo se conservan microtectitas dispersas, muy pequeñas y muy alteradas dentro de la Subunidad IV o lámina roja. La arcilla del límite y los diversos episodios evolutivos de foraminíferos se pueden identificar en cortes marinos continuos a nivel mundial, y la presencia o ausencia de los mismos ayudan a identificar hiatos sedimentarios (Arenillas *et al.*, 1998).

La definición del estratotipo del límite K/T en la base de la arcilla del límite en El Kef, un corte alejado del cráter de Chicxulub, ha provocado una cierta incertidumbre a la hora de situar el límite K/T en cortes del Golfo de México. Algunos autores han considerado que el límite K/T debe ser situado por encima de la unidad clástica (Keller, 1989). Sin embargo, de acuerdo con la teoría impactista y atendiendo a la definición del límite, el límite K/T debe ser situado en la base de la unidad que contiene las primeras evidencias de impacto (Fig. 2). Dependiendo de la continuidad del corte y de su proximidad a Chicxulub, el límite K/T puede ser situado en la base de la Subunidad I (ej. Bochil), de la Subunidad II (ej. El Mimbrial) o de la Subunidad IV (ej. El Kef).

#### AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el proyecto DGES de España, número PB97-1016, y los proyectos de México CONACYT, J32473T y PAICYT, CT193-99.

#### REFERENCIAS

- Alegret, L., Molina, E., Peryt, D. (1999): Evolución de las asociaciones de microforaminíferos bentónicos en el límite Cretácico/Terciario de Aïn Settara, Tunicia. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, 26. 142-146.
- Arenillas, I., Arz, J.A., Molina, E. (1998): El límite Cretácico/Terciario de Zumaya, Osinaga y Músquiz (Pirineos): control bioestratigráfico y cuantitativo de hiatos con foraminíferos planctónicos. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 11(1-2). 127-138.
- Arenillas, I., Arz, J.A., Molina, E. (2000): Spanish and Tunisian Cretaceous-Tertiary boundary sections: a planktic foraminiferal biostratigraphic comparison and evolutive events. *GFF*, 122(1). 11-12.
- Arz, J.A., Arenillas, I., Molina, E., Dupuis, Ch. (1999): Los efectos tafonómico y "Signor-Lipps" sobre la extinción en masa de foraminíferos planctónicos en el límite Cretácico/Terciario de Elles (Tunicia). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12(2). 251-267.
- Arz, J.A., Arenillas, I., Molina, E., Sepúlveda, R. (2000): La estabilidad faunística de foraminíferos planctónicos en el Maastrichtiense superior y su extinción en masa catastrófica en el límite K/T de Caravaca, España. *Revista Geológica de Chile*, 27(1). En prensa.
- Hildebrand, A., Boynton, W. (1990): Proximal Cretaceous-Tertiary impact deposits in the Caribbean. *Science*, 248. 843-847.
- Molina, E., Arenillas, I., Arz, J.A. (1996): The Cretaceous/Tertiary boundary mass extinction in planktic foraminifera at Agost, Spain. *Revue de Micropaléontologie*, 39(3). 225-243.
- Molina, E., Arenillas, I., Arz, J.A. (1998): Mass extinction in planktic foraminifera at the Cretaceous/Tertiary boundary in subtropical and temperate latitudes. *Bulletin de la Société géologique de France*, 169(3). 351-363.
- Smit, J., Romein, A.J.T. (1985): A sequence of events across the Cretaceous-Tertiary boundary. *Earth and Planetary Science Letters*, 74. 155-170.