

Evento-Estratigrafía con foraminíferos en el tránsito Cretácico-Terciario de Aïn Settara (Tunicia) y Coxquihui (México)

L. Alegret, I. Arenillas, J. A. Arz y E. Molina

Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza. laia@posta.unizar.es, ias@posta.unizar.es, josearz@posta.unizar.es, emolina@posta.unizar.es.

ABSTRACT

*Foraminiferal quantitative studies were performed in Cretaceous/Tertiary (K/T) boundary sediments from the shallow, outer platform Aïn Settara section (Tunisia) and the lower bathyal Coxquihui section (Mexico). Comparative studies allowed us to establish three main evolutionary stages in the first 100 k.y. after the K/T boundary. In contrast to the stability of the Upper Cretaceous assemblages, the genera *Guembelitra* and *Cibicidoides* bloomed during the lower part of the G. cretacea Biozone (Stage 1). During Stage 2 (upper G. cretacea and lower P. eugubina Biozones), foraminiferal communities are dominated by planktic *Parvularugoglobigerina* and *Globoconusa*, whereas a slight recovery of infaunal groups is recorded among benthic foraminifera. Finally, foraminiferal assemblages during Stage 3 (upper P. eugubina and P. pseudobulloides Biozones) are dominated by the planktic *Chiloguembelina* and *Woodringina*, and the benthic *Nuttallides*, *Nuttallinella* and *Anomalinoidea*. These three stages are related to the evolutionary patterns and long-term environmental turnover after the K/T boundary catastrophic event, and may be useful in correlation and in recognizing hiatuses across the K-T transition.*

Key words: Foraminifera, episodes, Cretaceous/Tertiary, Tunisia, Mexico

INTRODUCCIÓN

La teoría del impacto meteorítico propuesta por Álvarez *et al.* (1980) como explicación de la extinción en masa del límite Cretácico/Terciario (K/T), es la más aceptada hoy en día por la mayor parte de la comunidad científica (Smit *et al.*, 1996). Dicho impacto generó una serie de depósitos característicos a nivel mundial tales como la "arcilla del límite K/T", rica en iridio y otras evidencias de impacto, y cuya base sirvió para situar el límite K/T en el estratotipo de El Kef. En el Golfo de México y el Caribe, los depósitos del K/T fueron más complejos debido a su cercanía al punto de impacto, localizado en Chicxulub (Yucatán, México). Estos depósitos incluyen niveles de eyección y depósitos clásticos originados directa o indirectamente por los seísmos y olas tipo *tsunami* originados tras el impacto (Smit *et al.*, 1996). Además de estos depósitos característicos, el evento del límite K/T tuvo una gran repercusión sobre la biota, provocando una importante extinción en masa y drásticas reorganizaciones de las comunidades. Después de la extinción en masa, siguió una rápida radiación evolutiva y recuperación de las comunidades. En este sentido, el estudio de los foraminíferos permite conocer con gran detalle la evolución de sus poblaciones y de las condiciones ambientales en los primeros cien mil años después del límite K/T.

En el presente trabajo, hemos comparado la evolución de las asociaciones de foraminíferos en los cortes de Aïn

Settara (Tunicia) y Coxquihui (México), con el objetivo de correlacionar los diferentes eventos evolutivos acontecidos en dos áreas geográficas tropical-subtropicales (Tetis y Golfo de México) situadas a diferente distancia del lugar de impacto. La finalidad es mostrar si la evolución cualitativa y cuantitativa de las comunidades de foraminíferos, tanto en el medio bentónico como en el planctónico, siguen un patrón similar. Mediante la correlación entre ambos cortes se persigue establecer un modelo global de bioeventos para el tránsito Cretácico-Terciario, que corrobore la teoría catastrofista en el límite K/T debido al impacto meteorítico.

MATERIAL Y MÉTODOS

El corte de Aïn Settara se localiza en el sector noroccidental de Tunicia, 50 km al sur del estratotipo del límite K/T en El Kef. El corte de Aïn Settara ha sido recientemente estudiado por Robaszynski *et al.* (2000), Tribouillard *et al.* (2000) y Arenillas *et al.* (2000). El límite K/T se sitúa dentro de la Fm. El Haria, que contiene sedimentos margosos que comprenden el Maastrichtiense medio y superior y el Paleógeno basal; dichos sedimentos presentan un contenido excepcional en foraminíferos, tanto por su abundancia como por su excelente conservación. Las asociaciones de foraminíferos bentónicos indican que el tránsito K-T de la Fm. El Haria se depositó en medios de plataforma externa-talud superior.

El corte de Coxquihui se localiza al este del pueblo del mismo nombre, aproximadamente a 50 km al SE de la ciudad de Poza Rica (Estado de Veracruz, centro-este de México); este corte se sitúa a unos 800 km del cráter de Chicxulub. Los sedimentos del tránsito K-T fueron previamente estudiados por Smit *et al.* (1996) y por Cedillo y Grajales-Nichimura (1997). El límite K/T está marcado por una unidad clástica de más de un metro de espesor emplazada entre dos formaciones fundamentalmente margosas, Fm. Méndez y Fm. Velasco, la última de las cuales presenta niveles margo-calizos intercalados. Los foraminíferos en las Fms. Méndez y Velasco son muy abundantes y están bien conservados. Los foraminíferos bentónicos sugieren que ambas formaciones se depositaron a unos 1.000 m de profundidad, en la parte inferior del talud (Van Morkhoven *et al.*, 1986).

Se han estudiado cuantitativamente 82 muestras, 41 de Aïn Settara y 41 de Coxquihui. Los foraminíferos fueron separados del resto de sedimentos mediante la técnica del levigado: todas las muestras fueron disgregadas en H₂O₂, levigadas con un tamiz de 63 µm de luz de malla y secadas en una estufa a menos de 50°C. Para el estudio cuantitativo nos hemos basado en una fracción representativa de 300 ejemplares o más, de la fracción de tamaño superior a 63 µm.

BIOESTRATIGRAFÍA Y CRONOESTRATIGRAFÍA

En el presente trabajo se han identificado cuatro biozonas basadas en foraminíferos planctónicos: la biozona de *Plummerita hantkeninoides* para el Cretácico Superior, y las biozonas de *Guembelitra cretacea*, *Parvularugoglobigerina eugubina* y *Parasubbotina pseudobulloides* para el Paleogeno basal. Según Arenillas *et al.* (2001), la biozona de *G. cretacea* representa unos 16.000 años y la biozona de *Pv. eugubina* unos 34.000 años. Las principales variaciones cualitativas y cuantitativas en las asociaciones de foraminíferos acontecen en los primeros 100.000 años después del límite K/T.

Las cuatro biozonas fueron reconocidas en Aïn Settara (Arenillas *et al.*, 2000). En Coxquihui, el Cretácico Superior aparece representado únicamente por la biozona de *Plummerita hantkeninoides*, y se ha identificado una posible laguna estratigráfica de pequeña amplitud, que abarca la parte inferior de la biozona de *G. cretacea*. Según la definición del estratotipo del límite K/T en El Kef, el límite K/T debe situarse en la base de la capa de arcilla caracterizada por una lámina roja con las evidencias de impacto, criterio fácilmente aplicable en Aïn Settara (Tribovillard *et al.*, 2000). En Coxquihui, donde los sedimentos del tránsito K-T son más complejos, el límite K/T debe ser situado en la base del primer nivel con evidencias de impacto, en este caso, en la base de la capa con microteclitas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio cuantitativo de cortes de 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.*, 2000). Estos episodios cuantitativos están caracterizados por eventos de apogeo (acmes) de diversos grupos de foraminíferos planctónicos de latitudes medias y bajas, consecuencia de la radiación evolutiva de los mismos tras la extinción del límite K/T. Estos episodios pueden ser comparados con los diversos eventos reconocidos en la evolución de las asociaciones de foraminíferos bentónicos en Aïn Settara y Coxquihui.

El episodio inicial (Episodio 0) se corresponde con el Maastrichtense terminal y está caracterizado por asociaciones muy estables y diversificadas, tanto de foraminíferos planctónicos como bentónicos. Las asociaciones de foraminíferos planctónicos en la fracción mayor de 63 micras están dominadas por heterohelícidos, en concreto por la especie *H. globulosa*, la cual posee una abundancia relativa que oscila entre el 40 y el 50%. Es de destacar la rareza del género *Guembelitra*, el cual aparece representado siempre con proporciones relativas menores al 1%. Las comunidades bentónicas están constituidas por asociaciones mixtas de foraminíferos epifaunales e infaunales, que reflejan unas condiciones mesotróficas y estables. En el corte de Coxquihui y en otros del Golfo de México se ha identificado un incremento en el porcentaje de foraminíferos infaunales en la parte superior de la Biozona de *P. hantkeninoides*, lo que sugiere un aumento del aporte de nutrientes hacia el Maastrichtense terminal (Jorissen *et al.*, 1995) posiblemente ligados a cambios en la circulación oceánica.

En coincidencia con el límite K/T, tuvo lugar la extinción en masa catastrófica de más del 70% de las especies planctónicas finicretácicas (Arenillas *et al.* 2000), y una drástica reorganización de las comunidades bentónicas. El porcentaje de especies infaunales disminuyó casi un 50% en Coxquihui y un 37% en Aïn Settara. Tras el evento del límite K/T, en los cortes de Aïn Settara y Coxquihui se identifican 3 episodios en la evolución de las asociaciones de foraminíferos (ver figs. 1 y 2):

Episodio 1

Este episodio abarca la parte inferior de la biozona de *G. cretacea* (=P0), y coincide aproximadamente con la arcilla del límite. Las asociaciones de foraminíferos planctónicos están dominadas por *Guembelitra*. En el corte de Aïn Settara, el pico de *Guembelitra* coincide con un pico en *Cibicidoides* y, en general, un fuerte incremento de especies epifaunales. En el corte de Coxquihui, la pequeña laguna en la parte basal de la biozona de *G. cretacea* impide observar con claridad este episodio. El descenso de las comunidades infaunales parece estar relacionado con un descenso en el aporte de nutrientes y la productividad primaria y con la disminución en la oxigenación de las aguas en el fondo marino (Coccioni *et al.*, 1993).

Episodio 2

Comprende la parte superior de la biozona de *G. cretacea* y la parte inferior de la biozona de *Pv. eugubina*.

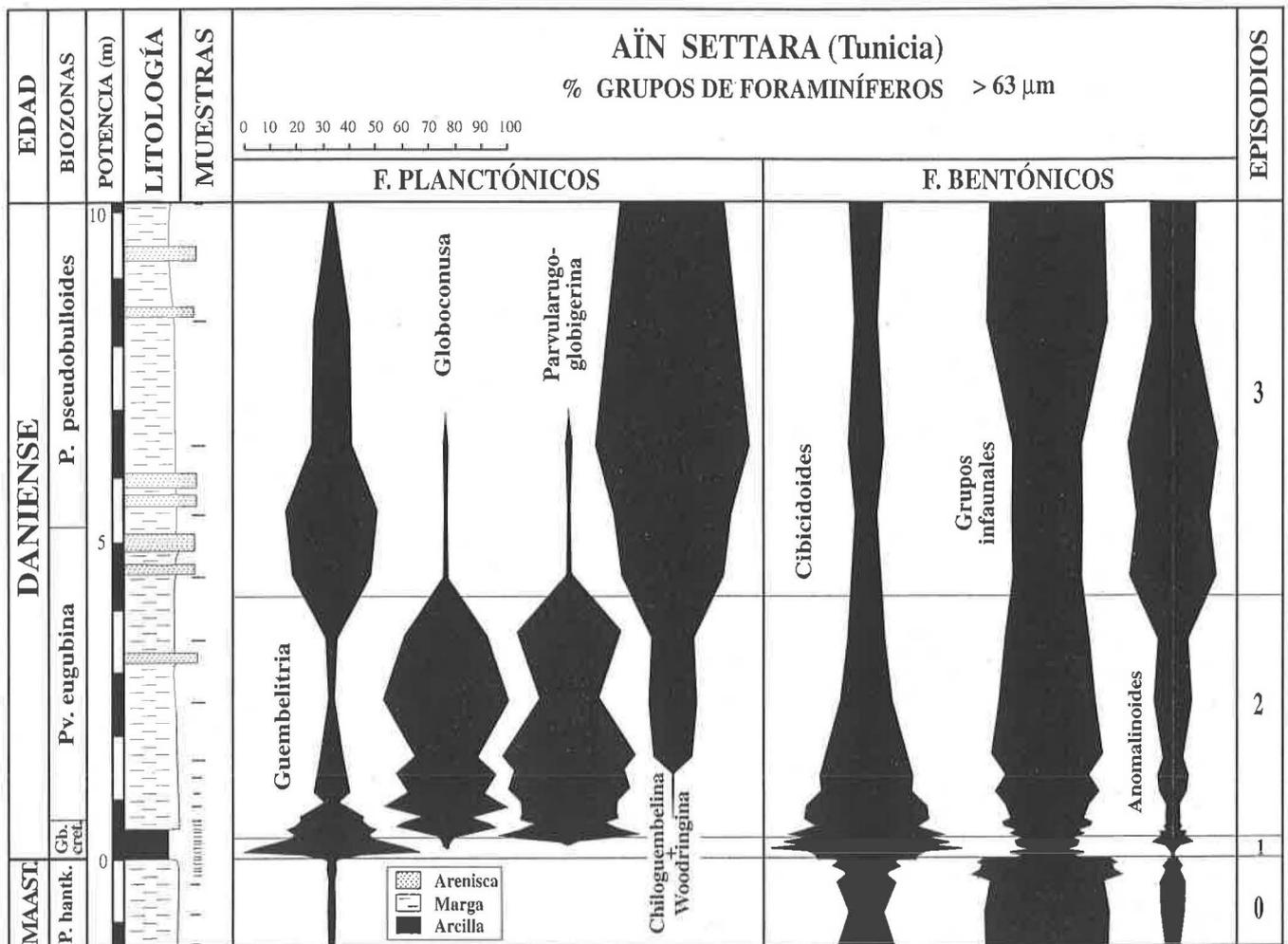


FIGURA 1: Episodios deducidos a partir de la abundancia relativa de foraminiferos planctónicos y bentónicos en el corte de Aïn Settara (Tunicia).

Entre los foraminíferos planctónicos dominan *Parvularugoglobigerina* y *Globoconusa*. Los foraminíferos bentónicos epifaunales siguen siendo dominantes, siendo *Cibicidoides* el género más abundante. Se produce la recuperación de algunos grupos infaunales, entre los que destacan *Bulimina*, *Clavulinoides*, *Dorothia*, *Globobulimina* o *Marssonella*. No obstante, la abundancia de infaunales no llega a alcanzar los valores del Cretácico Superior. Las especies y géneros presentes en estas asociaciones dependen de la paleobatimetría: en medios someros (Aïn Settara) predominan *Globobulimina* y *Praeglobobulimina* (*P. quadrata*), mientras que en Coxquihui dominan géneros infaunales aglutinados propios de medios batiales, como *Clavulinoides* (*C. trilatera*), *Dorothia*, *Marssonella*.

Episodio 3

Abarca la parte superior de la Biozona de *P. eugubina* y la Biozona de *P. pseudobulloides*, y se caracteriza por el dominio de los géneros planctónicos *Chiloguembelina* y *Woodringina*. Entre los foraminíferos bentónicos siguen dominando los grupos epifaunales, siendo característicos los géneros *Nuttallides* (*N. trümpyi*), *Nuttallinella* y *Anomalinoidea*. La especie epifaunal *N. trümpyi* es típica de

medios oligotróficos batiales (Van Morkhoven *et al.*, 1986) como los de Coxquihui. En Aïn Settara, el género epifaunal dominante es *Anomalinoidea* y se observa una lenta recuperación de las comunidades infaunales, que llegan a alcanzar porcentajes muy similares a los del Cretácico Superior. En Coxquihui, el porcentaje de foraminíferos infaunales someros, como *C. trilatera*, *E. subsculptura* y *G. beisseli* (Fig. 2), sigue siendo mucho menor que en el Maastrichtiense. Las especies mencionadas se han relacionado con zonas de alta productividad y/o abundante aporte de nutrientes. Su escaso porcentaje durante los episodios 2 y 3 en Coxquihui y el incremento de *N. trümpyi* sugieren que la recuperación de la productividad primaria y del aporte de nutrientes al fondo marino fue muy lenta.

En conclusión, la correlación entre los episodios cuantitativos de foraminíferos planctónicos y bentónicos sugiere la existencia de una relación entre la recuperación de las asociaciones y la evolución paleoambiental tras el evento del límite K/T. La posibilidad de correlacionar estos episodios en cuencas pertenecientes a áreas paleogeográficas diferentes hace de los mismos una herramienta útil para deducir la sucesión de eventos del tránsito K-T a nivel global.

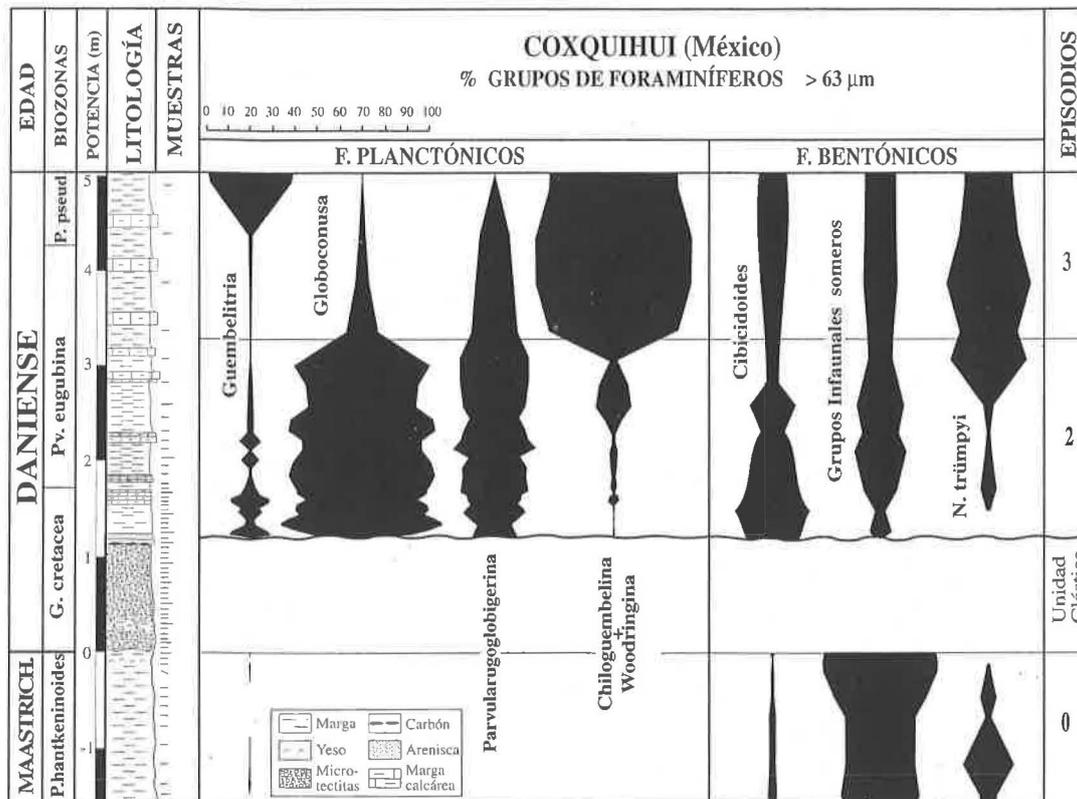


FIGURA 2: Episodios deducidos a partir de la abundancia relativa de foraminíferos planctónicos y bentónicos en el corte de Coxquihui (México).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto DGES de España, número PB97-1016.

REFERENCIAS

- Alvarez, A.L., Alvarez, W., Asaro, F. y Michel, H.V. (1980): Extraterrestrial cause of the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208: 1095-1108.
- Arenillas, I., Arz, J. A., Molina, E. y Dupuis, Ch. (2000): The Cretaceous/Paleogene (K/P) boundary at Ain Settara, Tunisia: sudden catastrophic mass extinction in planktic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 30: 202-218.
- Arenillas, I., Alegret, L., Arz, J.A., Mélenlez, A., Molina, E., Liesa, C., Soria, A.R., Cedillo-Pardo, E., Grajales-Nishimura, J.M. y Rosales, M.C. (2001): Cretaceous/Tertiary boundary planktic foraminiferal mass extinction and biochronology at La Ceiba, Bochil (México) and El Kef stratotype (Tunisia): Timing of K/T units deposition. *Geological Society of America Special Paper*. (en prensa).
- Cedillo, E. y Grajales-Nishimura, J.M. (1997): Las rocas de impacto el cráter Chicxulub y el límite Cretácico-Terciario en México y áreas vecinas de America del Norte y el Caribe. En: *Extinción masiva del límite Cretácico-Terciario: mitos y realidades* (A.L. Carreño y M. Montellano-Ballesteros, Eds.). Unión Geofísica Mexicana, 4: 147-164.
- Coccioni, R., Fabbucci, L. y Galeotti, S. (1993): Terminal Cretaceous deep-water benthic foraminiferal decimation, survivorship and recovery at Caravaca (SE Spain). *Paleopelagos*, 3: 3-24.
- Jorissen, F. J., Stigter, H. C. y Widmark, J. G. V. (1995): A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology*, 26: 3-15.
- Robaszynski, F., González-Donoso, J. M., Linares, D., Amédéo, F., Caron, M., Dupuis, C., Dhondt, A. V. y Gartner, S. (2000): Le Crétacé Supérieur de la région de Kalaat Senan, Tunisie Centrale. Litho-biostratigraphie intégrée: zones d' Ammonites, de Foraminifères planctoniques et de nannofossiles du Turonien Supérieur au Maastrichtien. *Bulletin du Centre de Recherches, Exploration-Production Elf-Aquitaine*, 22: 1-490.
- Smit, J., Roep, T.B., Alvarez, W., Montanari, A., Claeys, Ph., Grajales-Nishimura, J.M., y Bermudez, J. (1996): Coarse-grained, clastic sandstone complex at the K/T boundary around the Gulf of Mexico: Deposition by tsunami waves induced by the Chicxulub impact?. *Geological Society of America, Special Paper*, 307: 151-182.
- Tribovillard, N., Dupuis, C. y Robin, E. (2000): Sedimentological and diagenetical conditions of the impact level of the Cretaceous/Tertiary boundary in Tunisia: no anoxia required. *Bulletin de la Société géologique de France*, 171: 629-636.
- Van Morkhoven, F. P. C. M., Berggren, W. A. y Edwards, A. S. (1986): *Cenozoic cosmopolitan deep-water benthic foraminifera*. *Bulletin du Centre de Recherches, Exploration-Production, Elf-Aquitaine*, Memoire 11, 421 p.