

Recuperación de la productividad primaria en el área del Tethys tras el evento del límite Cretácico/Terciario

L. Alegret¹, I. Arenillas, J.A. Arz y E. Molina

Dpto. de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. 50005-Zaragoza.
l. laia@posta.unizar.es

ABSTRACT

We studied Upper Cretaceous and lower Paleogene foraminifera in three sections from the Tethyan area, the Spanish upper to middle bathyal Agost section, and the Tunisian outer shelf-upper bathyal El Kef and Ain Settara sections, in order to infer the paleoenvironmental turnover across the Cretaceous-Tertiary transition. Whereas planktic foraminifera suffered a catastrophic mass extinction in coincidence with the Cretaceous/Tertiary boundary, benthic foraminifera show a dramatic change in the structure of their assemblages. At the level of extinction of planktic assemblages and enrichment in Ir and other geochemical anomalies, highly diversified, low-dominance upper Maastrichtian assemblages with infaunal and epifaunal morphogroups were suddenly replaced by taxonomically impoverished assemblages, strongly dominated by epifaunal morphogroups. Several opportunistic taxa have short peaks in relative abundance, possibly reflecting environmental instability, with benthos receiving food from local blooms of primary producers. Infaunal groups did not recover to pre-extinction relative abundances, indicating that the food supply to the benthos did not recover fully over the studied interval. The benthic foraminiferal faunal changes are compatible with the effects of an asteroid impact, which severely destabilized primary producers and the oceanic food-web.

Key words: Primary productivity, K/T boundary, foraminifera.

INTRODUCCIÓN

El límite Cretácico/Terciario (K/T) marca una de las mayores extinciones en masa ocurridas en la historia de la Tierra. En la actualidad, la mayor parte de la comunidad científica acepta la teoría de un impacto meteorítico ocurrido en coincidencia con el límite K/T como la principal causa de las extinciones y de las anomalías geoquímicas y mineralógicas que se identifican en coincidencia con el límite. Mientras determinados grupos como los foraminíferos planctónicos o los nanofósiles calcáreos sufrieron una extinción en masa catastrófica en coincidencia con el límite, los foraminíferos bentónicos muestran una reestructuración de sus comunidades más que extinciones significativas. A pesar de los numerosos estudios realizados en perfiles del tránsito Cretácico-Terciario (K-T) de todo el mundo, incluido el corte estratotípico de El Kef (Tunicia), hasta el momento aún no existe un consenso en cuanto a los efectos paleoambientales del impacto del límite K/T. El estudio de los foraminíferos bentónicos, cuya distribución en el océano está determinada por una serie de parámetros como la oxigenación o la productividad primaria, puede contribuir a conocer de una forma más detallada la evolución paleoambiental en torno al tránsito K-T.

En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos en el análisis de las comunidades de foraminíferos bentónicos en tres perfiles del área del Tethys: el perfil español de Agost (Alicante), y los perfiles tunecinos de Ain Settara y El Kef. En los trabajos de Peryt et al. (2002) y Alegret et al. (2003) se recoge una síntesis de los estudios que se han realizado hasta el momento sobre el tránsito K-T en estos perfiles.

El perfil de Agost está situado en las Cordilleras Béticas (SE España); se localiza 1 km al Norte del pueblo de Agost, en el km 13 de la carretera Agost-Castalla. El tránsito K-T aparece incluido en la parte superior de la Fm. Quipar-Jorquera. El estudio del tránsito K-T en el sector tunecino del Tethys se ha basado en el análisis de dos perfiles: el corte de El Kef, situado al Noreste del país y mundialmente conocido por ser el estratotipo del límite K/T, y el corte de Ain Settara, situado 50 km al Sur de El Kef y muy cercano a la frontera con Argelia. Ambos perfiles se encuadran en el sector tunecino del Atlas. El tránsito K-T aparece incluido en la Fm. El Haria, constituida por margas con abundantes microfósiles y nanofósiles.

El límite K/T en los tres perfiles estudiados aparece marcado por un contacto brusco entre las margas del Maastrichtiense y la denominada "arcilla del límite", que con-

siste en una capa de arcillas negras de 12 cm de potencia en Agost y unos 60 cm en los perfiles tunecinos, en cuya base aparece un nivel rojizo ferruginoso de 2-3 mm de espesor, que contiene marcadores cósmicos: concentración anómala de Iridio, espinelas ricas en Níquel, cuarzos de choque, etc. Sobre la arcilla del límite, que contiene anomalías geoquímicas y mineralógicas, se disponen las margas del Daniense.

En los tres perfiles estudiados se realizó un muestreo detallado del tránsito K-T. Las muestras fueron tratadas mediante la técnica del levigado. Para el estudio de los foraminíferos, se analizó la fracción mayor de 63 micras; en cada muestra se separaron al menos 300 ejemplares de foraminíferos bentónicos y más de 300 de foraminíferos planctónicos. Estos últimos nos permitieron tener un control bioestratigráfico preciso: en el Maastrichtiense superior se reconocieron las Biozonas de *Abathomphalus mayaroensis* y de *Plummerita hantkeninoides*, y en el Daniense inferior, las Biozonas de *Guembelitra cretacea*, *Parvularugoglobigerina eugubina* y de *Parasubbotina pseudobulloides* (Fig. 1). El estudio morfotípico de los foraminíferos bentónicos, según los criterios empelados en Peryt et al. (2002) y Alegret et al. (2003), ha permitido obtener información sobre los parámetros paleoambientales.

Los foraminíferos bentónicos de los perfiles de Aïn Settara y El Kef (Tunicia) indican que durante el tránsito K-T la sedimentación tuvo lugar en un medio de plataforma externa-talud superior (Peryt et al., 2002). Por otro lado, el corte de Agost (España) representa también un medio batial superior en el Maastrichtiense, aunque a comienzos de la Biozona de *P. hantkeninoides* se registra una profundización, y los foraminíferos bentónicos indican un ambiente batial medio (Alegret et al., 2003).

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos en los tres perfiles están dominadas por foraminíferos de conchas calcíticas, que constituyen alrededor del 80% de las asociaciones. A continuación se describe la evolución de las asociaciones a lo largo del Maastrichtiense superior y Daniense basal:

MAASTRICHTIENSE SUPERIOR (PARTE SUPERIOR DE LA BIOZONA DE *A. MAYAROENSIS* Y BIOZONA DE *P. HANTKENINOIDES*)

En los perfiles estudiados, durante el Maastrichtiense se reconocen asociaciones estables, constituidas por morfogrupos mixtos infaunales y epifaunales (Fig. 1). El elevado porcentaje de morfogrupos infaunales en Agost (70%) sugiere la existencia de condiciones ligeramente más eutróficas que permitieron un mayor desarrollo de las comunidades infaunales. Las asociaciones del Maastrichtiense son politáxicas, diversas, heterogéneas, con una elevada

riqueza genérica y presentan una estructura trófica compleja, e indican que la productividad primaria y el aporte de detrito orgánico permitían la presencia de los foraminíferos bentónicos no sólo en las capas superficiales del sedimento, sino también en capas más profundas, donde habitaban los foraminíferos infaunales. Además, la elevada diversidad de las asociaciones es indicativa de condiciones mesotróficas y de cierta estabilidad medioambiental. En la Biozona de *Plummerita hantkeninoides* del corte de Agost se ha identificado un cambio en las asociaciones, relacionado con una mayor profundización del medio, pasando de un ambiente batial superior a uno batial medio (Alegret et al., 2003).

LÍMITE K/T Y DANIENSE BASAL (PRIMERA MITAD DE LA BIOZONA DE *G. CRETACEA*)

Esta situación de estabilidad medioambiental cambió en el límite K/T. Como consecuencia de la extinción en masa experimentada por los foraminíferos planctónicos coincidencia con el límite K/T, el índice P/B cayó drásticamente del 90% en el Maastrichtiense terminal a un 10% en la base del Daniense (Arenillas et al., 2000). Aunque los foraminíferos planctónicos no sufrieron una extinción en masa catastrófica, sus comunidades sufrieron una brusca reestructuración, desapareciendo temporalmente numerosos taxones (efecto Lázaro), que en el caso de Aïn Settara afectó al 50% de las especies (Peryt et al., 2002). El drástico descenso en los índices de diversidad, heterogeneidad y riqueza genérica, así como en el porcentaje de los morfogrupos infaunales, que disminuyó un 30-40%, son un claro reflejo de los importantes cambios experimentados por las asociaciones de foraminíferos bentónicos justo en el límite K/T, e indican condiciones oligotróficas en la base del Daniense. En los perfiles tunecinos, donde los morfogrupos epifaunales constituyen hasta el 80% de las asociaciones (Fig. 1), la especie *Cibicidoides pseudoacutus* alcanza el 50% del total de foraminíferos bentónicos, mientras que *Stensioina beccariiformis* es la especie dominante en Agost. Asimismo, se observan pequeños picos cuantitativos en la abundancia de *Ammodiscus cretaceus*, *Coryphostoma incrassata* forma *gigantea*, *Glomospira*, *Glomospirella*, *Haplophragmoides* o *Praeglobobulimina quadrata*; algunos de estos taxones presentan una gran tolerancia a condiciones medioambientales adversas (ej., Kaminski et al., 1996), y pudieron comportarse como taxones oportunistas, alcanzando un mayor desarrollo en momentos en los que otras especies no podían sobrevivir. La presencia de asociaciones de baja diversidad dominadas por una o pocas especies epifaunales sugiere que se debió dar algún factor medioambiental (o varios) que no favorecían el desarrollo de los foraminíferos bentónicos.

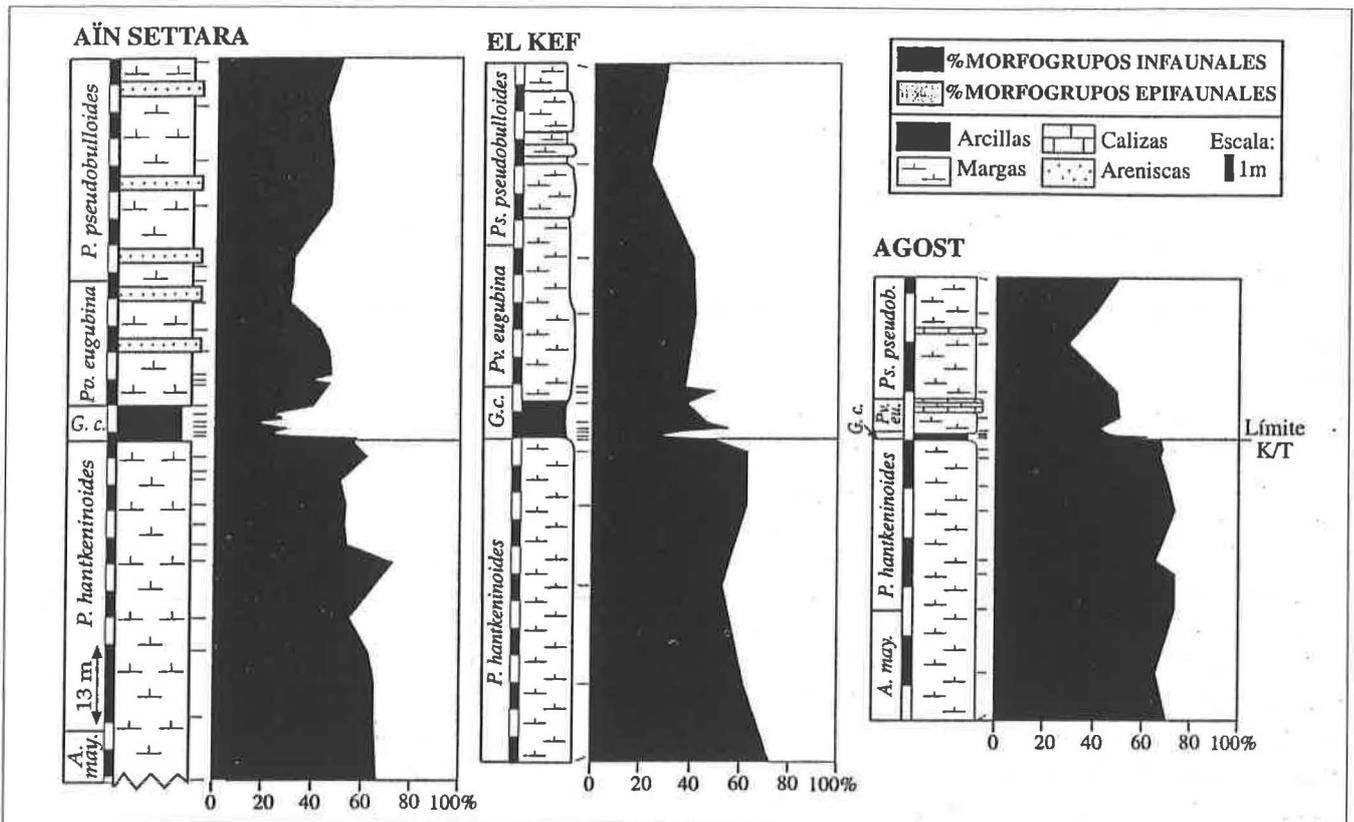


Figura 1. Variaciones en la abundancia relativa de los morfogrupos de foraminíferos bentónicos infaunales y epifaunales en los tres perfiles estudiados.

Además, los taxones oportunistas indican cierta inestabilidad ambiental. Brinkhuis y Crouch (2001) observaron en los primeros 10 cm del Daniense en El Kef y en otros perfiles, un importante incremento en la abundancia de dinoflagelados heterótrofos, sugiriendo la existencia de momentos de proliferación de nutrientes. Este intervalo se sitúa dentro del intervalo donde *C. pseudoacutus* es la especie dominante. De estos datos se deduce que tras el colapso de la productividad primaria en coincidencia con el límite K/T, ésta comenzó a recuperarse debido a productores primarios diferentes a los del Maastrichtiense, que generaban un tipo de materia orgánica que no era aprovechable por la mayoría de los foraminíferos bentónicos. Esta situación de inestabilidad de los productores primarios tras el límite K/T, que se traduciría en cortos pulsos cuantitativos, puede ser la causa de la baja diversidad de las asociaciones de foraminíferos bentónicos y de la aparición de especies oportunistas.

En Agost existen evidencias geoquímicas de una muy baja oxigenación del fondo marino tras el límite K/T (Martínez-Ruiz et al., 1999). Al igual que en los perfiles tunecinos, el mecanismo que explica la proliferación de especies oportunistas pudo ser similar. Estas especies estarían adaptadas a condiciones adversas de baja oxigenación, y pudieron alimentarse de otra fuente diferente al plancton calcáreo.

PARTE SUPERIOR DE LA BIOZONA DE G. CRETACEA Y PARTE MEDIA DE LA BIOZONA DE PV. EUGUBINA

Se observa la reaparición de las especies Lázaro, la aparición de otras nuevas, la recuperación del índice P/B, y el incremento en los índices de diversidad, heterogeneidad y riqueza genérica de las asociaciones. Los morfogrupos infaunales constituyen el 40-45% de las asociaciones (Fig. 1). Estos datos indican una cierta recuperación y estabilización en la productividad primaria, como consecuencia de la mayor estabilidad de los productores primarios. Tras un periodo de pulsos rápidos en su abundancia, pasarían a formar asociaciones estables, resultando en una mayor continuidad de la productividad primaria (d'Hondt et al., 1998).

PARTE SUPERIOR DE LA BIOZONA DE PV. EUGUBINA Y BIOZONA DE PS. PSEUDOBULLOIDES

Además de la casi completa recuperación del índice P/B (80-90%), se observan asociaciones politáxicas, diversas y heterogéneas que sugieren un aumento de la productividad primaria: el flujo de C_{org} se hizo probablemente más continuo, gracias a la estabilización de los productores primarios. Sin embargo, el porcentaje de foraminíferos infaunales

nales (20-40%) es inferior a los valores alcanzados en el Maastrichtiense terminal, e indica que a comienzos del Biocrón de *Ps. pseudobulloides* la productividad primaria no se había recuperado por completo de la crisis generada por el evento del límite K/T.

CONCLUSIONES

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos identificadas en los perfiles estudiados en el área del Tethys muestran importantes cambios en coincidencia con el límite K/T. Los principales cambios se refieren a un efecto Lázaro generalizado, a un incremento en la tasa de extinción y a una reestructuración de las comunidades que se relaciona con una disminución del aporte de alimento al fondo marino, como consecuencia del descenso en la productividad primaria ocurrido en el límite K/T, y con pulsos temporales en el aporte de nutrientes específicos. En el perfil de Agost, los datos geoquímicos indican un descenso en la oxigenación de la interfase agua-sedimento (Martínez-Ruiz et al., 1999), mientras que en los perfiles tunecinos las asociaciones son características de medios bien oxigenados (ej., Dupuis et al., 2001). Bajo estas condiciones, la baja diversidad de las asociaciones sería consecuencia de la inestabilidad en el aporte de alimento, y de la llegada al fondo marino de C_{org} que la mayoría de las especies de foraminíferos bentónicos no podían aprovechar.

La evolución escalonada de las asociaciones de foraminíferos bentónicos a lo largo del Daniense indica una tendencia hacia una mejor oxigenación de las aguas del fondo (en el caso de Agost), a una mayor estabilidad ambiental, y a una mayor variedad de nutrientes disponibles. No obstante, las asociaciones de foraminíferos bentónicos del Daniense indican que la productividad primaria en el área estudiada no se recuperó hasta por lo menos 300.000 años después del límite K/T.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto BTE2001-1809 del Ministerio Español de Ciencia y Tecnología, así como del grupo y proyecto P131/2001 del Dpto. de Educación y Ciencia del Gobierno de Aragón y del proyecto UZ2001-CIEN-01 de la Universidad de Zaragoza. L. Alegret agradece la ayuda concedida por la

Diputación General de Aragón-Caja de Ahorros de la Inmaculada para una estancia en Londres.

REFERENCIAS

- Alegret, L., Molina, E. y Thomas, E. (2003): Benthic foraminiferal turnover across the Cretaceous/Paleogene boundary at Agost (SE Spain): paleoenvironmental inferences. *Marine Micropaleontology*, 48: 251-279.
- Arenillas, I., Alegret, L., Arz, J.A. y Molina, E. (2000): Foraminíferos planctónicos y bentónicos del límite Cretácico/Terciario de Aïn Settara, Tunicia: dos patrones de extinción diferentes y una misma causa. *Geotemas* 1 (2): 331-334.
- Brinkhuis, H. y Crouch, E.M. (2001): Cretaceous/Tertiary and Paleocene/Eocene parallels; a dinoflagellate perspective. En: (Ash, A. y Wing, S. L., eds.) *Climate and Biota of the early Paleogene*, International Meeting, Vol. resúmenes, p. 17.
- D'Hondt, S., Donaghay, P., Zachos, J. C., Luttenberg, D. y Lindinger, M. (1998): Organic carbon fluxes and ecological recovery from the Cretaceous-Tertiary mass extinction. *Science*, 282: 276-279.
- Dupuis, C., Steurbaut, E., Molina, E., Rauscher, R., Tribovillard, N., Arenillas, I., Arz, J.A., Robaszynski, F., Caron, M., Robin, E., Rocchia, R. y Lefevre, I. (2001): The Cretaceous-Paleogene (K/P) boundary in the Aïn Settara section (Kalaat Senan, Central Tunisia): lithological, micropaleontological and geochemical evidence. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 71: 169-190.
- Kaminski, M.A., Kuhnt, W. y Radley, J.D. (1996): Paleocene-Eocene deep water agglutinated foraminifera from the Numidian Flysch (Rif, Northern Morocco): their significance for the paleoceanography of the Gibraltar gateway. *Journal of Micropaleontology*, 15: 1-19.
- Martínez-Ruiz, F., Ortega-Huertas, M. y Palomo, I. (1999): Positive Eu anomaly development during diagenesis of the K/T boundary ejecta layer in the Agost section (SE Spain): implications for trace elements remobilization. *Terra Nova*, 11: 290-296.
- Peryt, D., Alegret, L. y Molina, E. (2002): The Cretaceous/Paleogene (K/P) boundary at Aïn Settara, Tunisia: restructuring of benthic foraminiferal assemblages. *Terra Nova*, 14: 101-107.