

PINTURA: "CASA DE ALBARRACIN, SOBRE EL JURASICO", POR CRISTINA GIL INAZ

LOS FÓSILES Y LA PALEOGEOGRAFÍA

XVII Jornadas

de la Sociedad Española
de Paleontología

TEMA MONOGRÁFICO:

**Los fósiles
y la paleogeografía**

Albarracín • Teruel • España

Del 18 al 20 de octubre de 2001



VOLUMEN 5.1
2001

EDITORES

Guillermo Meléndez
Zarela Herrera
Graciela Delvene
Beatriz Azanza

Cuantificación del evento evolutivo del límite Cretácico/Terciario en El Kef (Tunisia) basado en foraminíferos planctónicos

I. ARENILLAS¹, J. A. ARZ¹ Y E. MOLINA¹

Abstract We quantify the planktic foraminiferal evolutionary model across the Cretaceous/Tertiary (K/T) boundary from El Kef (Tunisia), calculating four metrics: extinction ratio, speciation ratio, taxonomic flux and volatility. Turnovers in these metrics suggest a stasis episode in the terminal Maastrichtian, a K/T catastrophic mass extinction and several post-K/T evolutionary radiations with a general evolutionary instability.

Key words: K/T boundary, planktic foraminifera, extinction, taxonomic flux, volatility.

Palabras clave: Límite K/T, foraminíferos planctónicos, extinción, flujo taxonómico, volatilidad.

Introducción

La intensidad del evento evolutivo acontecido en el límite Cretácico/Terciario (K/T) se puede poner de manifiesto mediante el análisis cuantitativo de los foraminíferos planctónicos. Se ha documentado en

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza; C/ Pedro Cerbuna, 12, 50009, Zaragoza, España. ias@posta.unizar.es, josearz@posta.unizar.es, emolina@posta.unizar.es

numerosas ocasiones el brusco descenso de la riqueza específica y de la diversidad de los foraminíferos planctónicos en coincidencia con el límite K/T (ver Arenillas *et al.*, 2000). Según nuestros datos, el evento provocó la extinción de más del 90% de las especies finicretácicas de foraminíferos planctónicos, de las cuales más del 70% de las extinciones coinciden con el límite K/T. Este modelo se ajusta a un claro modelo de extinción en masa catastrófica. Atendiendo a la intensidad y rapidez del evento K/T, la hipótesis que mejor lo explica es la teoría del impacto meteorítico (Smit, 1982). El corte estratotípico de El Kef es uno de los cortes del límite K/T más continuos y expandidos conocidos hasta la fecha y la diversidad, abundancia y conservación de los foraminíferos es muy alta. El Kef es, por tanto, excelente para modelizar las tendencias evolutivas de los foraminíferos planctónicos en el tránsito K-T. Basándonos en el estudio bioestratigráfico de los foraminíferos planctónicos de El Kef por Arenillas *et al.* (2000), el objetivo de este trabajo es cuantificar el modelo evolutivo utilizando el modelo de Dean y McKinney (2001).

Biozonación y Bioestratigrafía

La biozonación aplicada en El Kef está basada en la biozonación de Molina *et al.* (1996) y en la reciente subzonación de Arenillas *et al.* (*en prensa*) para el Daniense inferior (Fig. 1). Las subzonas identificadas en El Kef han sido las de *Plummerita hantkeninoides* (Brönnimann), *G. cretacea* (Cushman), *Parvularugoglobigerina longiapertura* (Blow), *Pv. eugubina* (Luterbacher y Premoli-Silva), *Eoglobigerina simplicissima* Blow, *P. pseudobulloides* (Plummer) y *Subbotina triloculinoides* (Plummer), cuyos límites inferiores se corresponden con la primera aparición de las especies del mismo nombre, excepto en el caso de la Subzona de *G. cretacea*, cuya base se corresponde con la última aparición de *P. hantkeninoides* en el límite K/T. El estudio bioestratigráfico sugiere un claro patrón de extinción en masa catastrófica de foraminíferos planctónicos en el tránsito K-T. Se identificaron un total de 66 especies en el Maastrichtiense terminal, de las cuales 4 (6,1%) desaparecen en la parte superior de la Subzona de *P. hantkeninoides*, 47 (71,2%) se extinguen en coincidencia con el límite K/T y 15 (22,7%) desaparecen a lo largo de la parte basal del Daniense (hipótesis A). No obstante, todavía no se ha demostrado con total seguridad la supervivencia de 13 de estas últimas 15 especies (Arenillas *et al.*, 2000). Solamente son especies supervivientes seguras las pertenecientes a *Guembelitra*, ya que juegan un claro papel en la fi-

logenia y evolución posterior de foraminíferos planctónicos. Si finalmente se demuestra que los ejemplares de las otras 13 especies son reelaborados, el porcentaje de especies que se extinguen en coincidencia con el límite K/T sería del 90,9% (hipótesis B), o del 96,7% si excluimos las especies que desaparecen antes del evento K/T y cuya relación con el mismo es dudosa. Después del evento de extinción, se ha reconocido una rápida radiación evolutiva de hasta 40 nuevas especies, siendo la riqueza específica generalmente inferior a 20 especies.

Modelo evolutivo cuantificado

El patrón de extinción y evolución de foraminíferos planctónicos en El Kef ha sido cuantificado utilizando el modelo de Dean y McKinney (2001), un interesante modelo que permite cuantificar las tendencias evolutivas e incluye dos nuevos conceptos: flujo taxonómico y volatilidad, además del de tasa de extinción y tasa de especiación. Estos índices se calculan para intervalos estratigráficos consecutivos, para cuya elección sólo existe una regla: la de su aproximada regularidad. El número, posición y resolución de los intervalos depende del especialista. Nosotros hemos considerado suficiente elegir intervalos de 100 cm e interesante utilizar dos series de intervalos solapados (ver Fig. 1) para controlar mejor las variaciones evolutivas. Los límites entre intervalos de una serie se corresponden con la parte media de los intervalos de la otra serie y viceversa. El límite K/T se ha hecho corresponder con el límite entre los intervalos 12 y 13 y con la parte media del intervalo M.

En cada intervalo se han medido 4 parámetros: el número de especies identificadas en cada intervalo (G), el número de especies que se extinguen dentro de cada intervalo (E), el número de especies que aparecen en cada intervalo (N) y el número de especies que persisten en cada intervalo (S). Estos parámetros se han obtenido a partir de la distribución estratigráfica de las especies propuesta por Arenillas *et al.* (2000) en El Kef, quienes estudiaron un total de 41 muestras. La tasa de extinción (T_E) y especiación (T_N) en cada intervalo se definen respectivamente como $T_E = E/G$ y $T_N = N/G$. El flujo taxonómico se define como $F = (G-E+N+S) / [S-G((E+S)/(N+S))]$. Este índice proporciona una estimación sobre la expansión o el declive de la diversidad en cada intervalo, que, representado como $\log F$, presenta valores negativos cuando hay declive y valores positivos cuando hay expansión evolutiva. El último concepto, el de volatilidad, se define como $V = (G-S)/G$. La

volatilidad es una medida de la variabilidad evolutiva y representa, en realidad, lo contrario del concepto de estabilidad evolutiva, presentando valores bajos cuando hay estabilidad y valores altos cuando hay importantes cambios evolutivos.

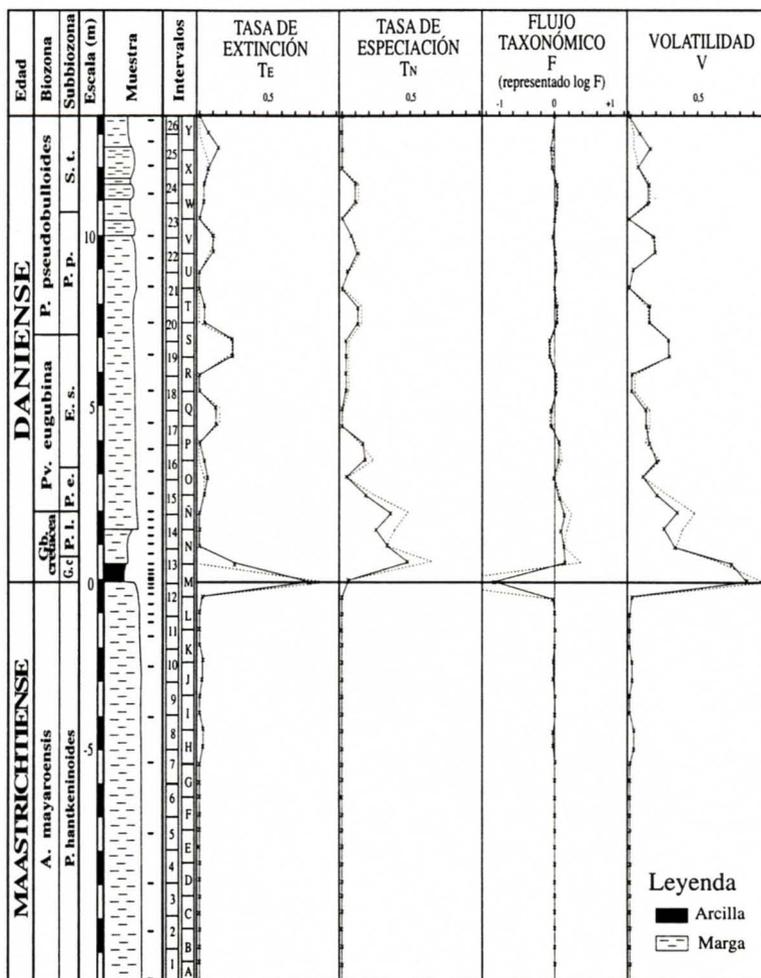


Figura 1. Variación de T_e , T_n , F y V en el tránsito K-T del corte de El Kef (líneas continuas: hipótesis A; líneas discontinuas: hipótesis B -ver texto-). Subbiozonas: G. c. (*G. cretacea*), P. l. (*Pv. longiapertura*), P. e. (*Pv. eugubina*), E. s. (*E. simplicissima*), P. p. (*P. pseudobulloides*) y S. t. (*S. trilocolinoides*).

Aplicando estos sencillos índices y representando su valor en la escala estratigráfica (Fig. 1), obtenemos curvas de la variación de T_E , T_N , F y V en El Kef. Los resultados muestran unos espectaculares valores de $T_E = 0,80$ y $\log F = -1,10$ en coincidencia con el límite K/T (hipótesis A). Si descontamos las especies finicretácicas cuya supervivencia es dudosa o no demostrada (hipótesis B), los valores se incrementarían a $T_E = 0,92$ y $\log F = -1,92$. Con la resolución elegida de intervalo, este máximo absoluto o «pico» de T_E representa la tasa de extinción más alta de la historia evolutiva de los foraminíferos planctónicos, cercana a la extinción total (donde $T_E = 1$). Los valores de F sugieren un fuerte declive de la diversidad en coincidencia con el límite K/T. En el intervalo siguiente, se observa por el contrario unos valores prácticamente opuestos, para $T_N = 0,47$ y $\log F = 0,18$, valores que, si consideramos la hipótesis B, ascienden a $T_N = 0,64$ y $\log F = 0,45$. Estos valores representan una importante expansión de la diversidad después del evento K/T y, de acuerdo a la escala de tiempo utilizada, sugieren una brusca radiación evolutiva de nuevas especies. Estos dos eventos consecutivos provocan dos máximos absolutos de la volatilidad, con valores ($V = 0,97$ y $0,64$ respectivamente en la hipótesis B) muy cercanos al valor máximo posible ($V = 1$), el cual indicaría una inestabilidad evolutiva total.

La curva de volatilidad sugiere la existencia de 4 etapas principales en el modelo evolutivo del tránsito K-T en El Kef: (1) Maastrichtiense terminal: V se mantiene en valores iguales o próximos a 0, indicando una alta estabilidad evolutiva, casi total si exceptuáramos la extinción de fondo; (2) Evento K/T (Subzonas de *G. cretacea* y *Pv. longiapertura*): V adquiere valores muy altos, cercanos al máximo posible en la Subzona de *G. cretacea*, sugiriendo una inestabilidad evolutiva muy alta en un intervalo de tiempo muy corto; (3) Daniense basal (Subzonas de *Pv. eugubina*, *E. simplicissima* y *P. pseudobulloides*): V mantiene valores altos, en torno a 0,20, sugiriendo que la inestabilidad evolutiva se mantiene; (4) A partir de la Subzona de *S. triloculinoides*: los valores V descienden, situándose por debajo de 0,05, e indicando el regreso a una mayor estabilidad evolutiva.

Las etapas (2) y (3) coinciden con las dos radiaciones evolutivas principales de foraminíferos planctónicos de la parte inferior del Daniense distinguidas a nivel mundial (ver Arenillas *et al.*, 2000). La primera, muy intensa y rápida, coincide con la evolución de pequeñas especies oportunistas de *Parvularugoglobigerina* y *Globoconusa*, y la segunda, más extendida en el tiempo, coincide con la evolución de especies de mayor tamaño correspondientes fundamentalmente a géneros con pa-

red reticulada (*Eoglobigerina*, *Parasubbotina*, *Praemurica* y *Subbotina*). Debemos destacar también que los mayores valores de T_N en la parte basal del Daniense coinciden aproximadamente con los límites inferiores de las subzonas propuestas recientemente por Arenillas *et al.* (en prensa). La base de la Subzona de *Pv. longiapertura* coincide con el máximo absoluto de $T_N = 0,64$ y las bases de las Subzonas de *Pv. eugubina*, *E. simplicissima*, *P. pseudobulloides* y *S. triloculinoidea* con máximos relativos de $T_N = 0,48$, $0,22$, $0,14$ y $0,12$ respectivamente. Esta coincidencia entre máximos de T_N y límites biozonales permite justificar la utilidad de la subzonación establecida por Arenillas *et al.* (en prensa).

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto DGES PB97-1016.

Bibliografía

- Arenillas, I., Arz, J. A., Molina, E. and Dupuis, C. 2000. An independent test of planktic foraminiferal turnover across the Cretaceous/Paleogene (K/P) boundary at El Kef (Tunisia): catastrophic mass extinction and possible survivorship. *Micropaleontology*, **46** (1), 31-49.
- Arenillas, I., Alegret, L., Arz, J. A. and Molina, E. (en prensa). Foraminiferal biostratigraphy and event-stratigraphy across the K/T boundary: New lowermost Danian biozonation. *Lethaia*.
- Dean, W. G. and McKinney, M. L. 2001. Taxonomic flux as a measure of evolutionary turnover. *Revista Española de Paleontología*, **16** (1), 29-38.
- Molina, E., Arenillas I. and Arz J. A. (1996). The Cretaceous/Tertiary boundary mass extinction in planktic foraminifera at Agost (Spain). *Revue de Micropaléontologie*, **39** (3), 225-243.
- Smit, J. 1982. Extinction and evolution of planktonic foraminifera after a major impact at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Geological Society of America Special Paper*, **190**, 329-352.