

Evolución de las asociaciones de microforaminíferos bentónicos en el límite Cretácico/Terciario de Aïn Settara, Tunicia

L. Alegret¹, E. Molina¹ y D. Peryt²

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

²Institute of Paleobiology, Polish Academy of Sciences, 00-818 Varsovia, Polonia

Introducción

El límite Cretácico/Terciario (K/T) ha sido definido en Tunicia en un nivel litológico coincidente con una de las mayores extinciones en masa registradas en la historia de la Tierra. Los foraminíferos fueron afectados por los eventos ocurridos en el límite K/T, pero las causas de la extinción y/o evolución de las asociaciones se han explicado de diferentes maneras. En la mayoría de las hipótesis, las causas del cambio se relacionan directa o indirectamente con el impacto de un asteroide. En el caso de los foraminíferos planctónicos, en los que aproximadamente el 70% de las especies se extinguieron en coincidencia con el límite K/T, la mayoría de los autores han encontrado un modelo de extinción en masa catastrófica debido a causas extraterrestres (Smit, 1982; Coccioni y Galeotti, 1994; Molina *et al.*, 1996, 1998), mientras que Keller (1988) lo atribuye a múltiples causas terrestres.

En este trabajo se presenta el análisis cuantitativo de los microforaminíferos bentónicos realizado en muestras procedentes de Aïn Settara, Tunicia. Este corte es cercano al corte de El Kef —una de las secuencias más completas que incluyen el límite K/T— cuyas asociaciones de foraminíferos bentónicos a lo largo del límite K/T han sido estudiadas por Keller (1988) y Speijer y van der Zwaan (1994). El propósito de este trabajo es mostrar los cambios en las asociaciones de microforaminíferos bentónicos en el Maastrichtiense terminal y Daniense inferior y determinar si realmente fueron causados por el evento del límite K/T.

Material y métodos

El corte de Aïn Settara está situado en la región de Kalaat Senan, (Tunicia Central), 50 km al Sur del corte estratotípico del Kef (Fig. 1). El Cretácico superior y Daniense inferior del corte de Aïn Settara consisten en intervalos métricos de margas con intercalaciones decimétricas de areniscas más frecuentes en la base de la columna y hacia techo de la misma, donde se presentan en forma de secuencias estratocrecientes. Un nivel de 60 cm de potencia constituido por arcillas se sitúa justo en el límite K/T. La potencia total de los materiales estudiados es de 1.8 m. En este corte se ha realizado un muestreo de alta resolución, a intervalos centimétricos o decimétricos. Se han analizado un total de 19 muestras, 7 cretácicas y el resto paleógenas. Todas las muestras fueron disgregadas con la ayuda de H₂O₂, levigadas con un tamiz de 63 micras de luz de malla y secadas en una estufa a menos de 50°.

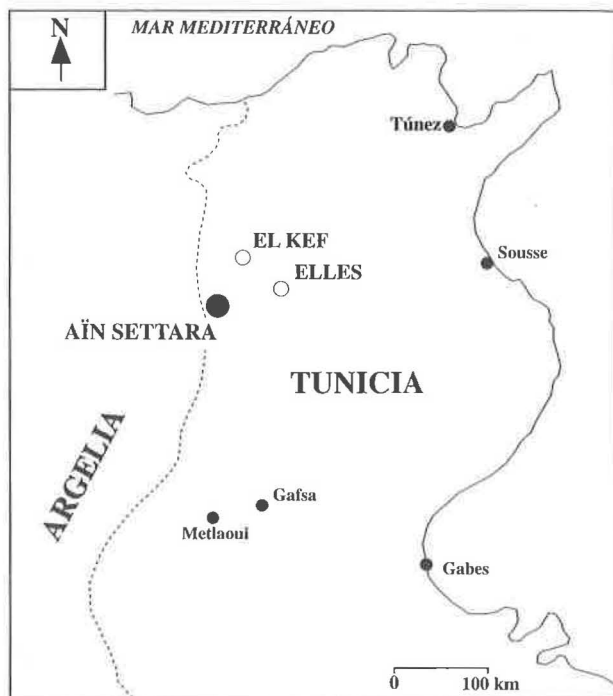


Figura 1. Situación geográfica del corte de Aïn Settara en Tunicia.

El análisis cuantitativo se ha realizado basándose en una fracción representativa de la fracción mayor de 106 micras de mas de 300 ejemplares, siendo este número menor en las tres primeras muestras situadas sobre el límite K/T. Excepto en estas tres muestras, en las que los procesos de disolución han afectado intensamente a los foraminíferos, la conservación de los foraminíferos bentónicos es muy buena, las conchas se encuentran rellenas de sedimento y únicamente las de morfología alargada aparecen fragmentadas. Todos los ejemplares han sido identificados y montados en celdillas para un posible reestudio de los mismos. A partir de las muestras estudiadas, se han calculado la abundancia relativa de foraminíferos planctónicos y bentónicos en las asociaciones, las abundancias relativas de los principales géneros, las proporciones entre formas de pared calcárea-hialina y aglutinada, abundancias relativas entre formas infaunales y epifaunales (DOI), así como las existentes entre los distintos morfogrupos de foraminíferos bentónicos.

Bioestratigrafía

Se ha utilizado la bioestratigrafía basada en foraminíferos planctónicos establecida por Molina *et al.* (1996), y que Arenillas *et al.* (en prensa) reconocieron en Aïn Set-

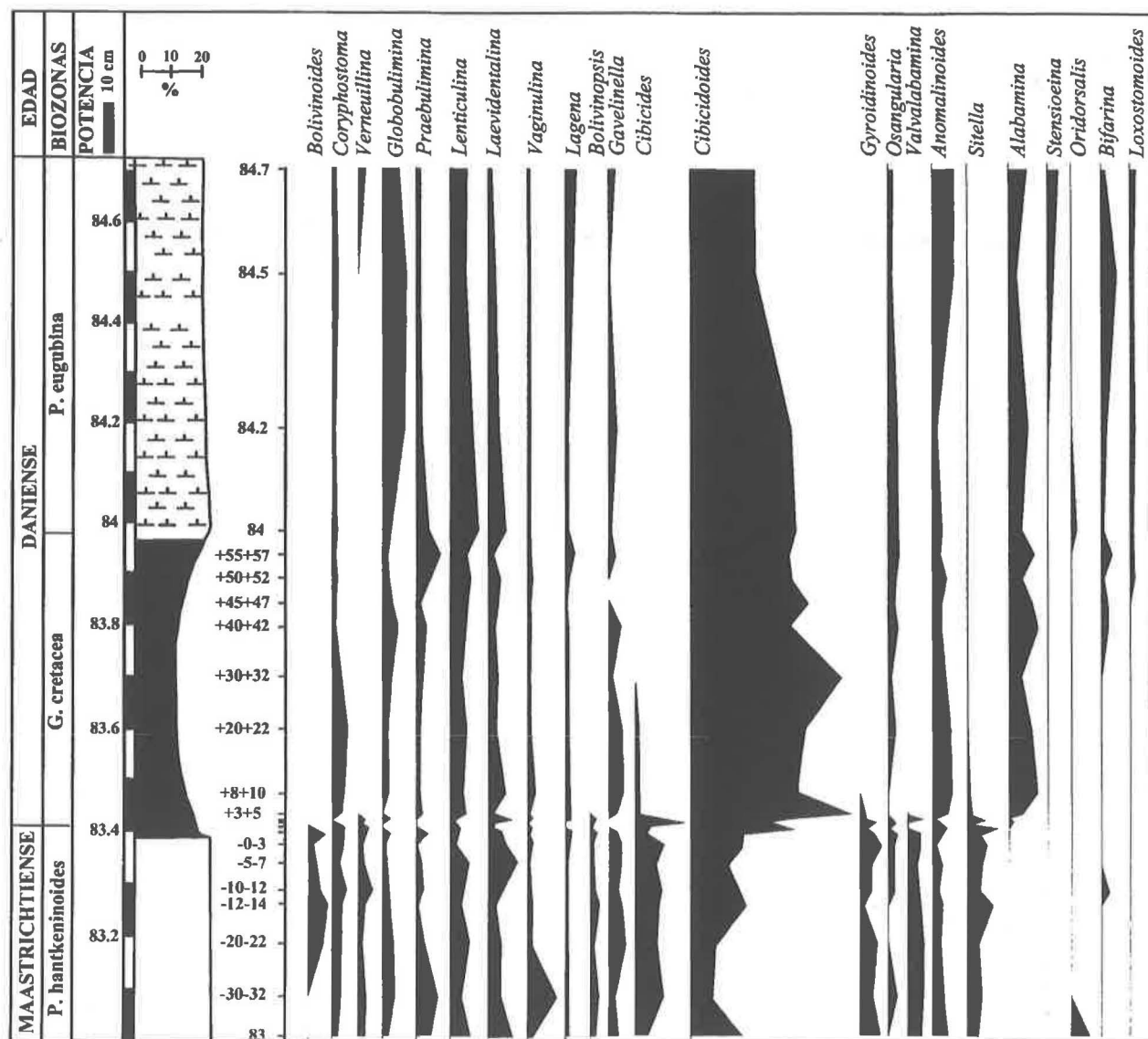


Figura 2. Abundancia relativa de los géneros dominantes (frecuencia de aparición superior al 3.5% del total de foraminíferos bentónicos en al menos una muestra) en el intervalo del límite Cretácico/Terciario en Aïn Settara.

tara tras el detallado análisis de las mismas muestras empleadas en el presente trabajo. Estos autores han reconocido en el corte de Aïn Settara las Biozonas de *Abathomphalus mayaroensis* y *Plummerita hantkeninoides* para el Maastrichtiense superior, y las Biozonas de *Guembelitra cretacea*, *Parvularugoglobigerina eugubina* y *Parasubbotina pseudobulloides* para el Daniense inferior. La parte estudiada de este corte corresponde a la parte superior de la Biozona de *P. hantkeninoides* (40 cm de potencia), a la Biozona de *G. cretacea* (60 cm) y a la parte inferior de la Biozona de *Pv. eugubina* (80 cm).

Resultados y discusión

En el presente trabajo se ha empleado la sistemática de Loeblich y Tappan (1988) y se han identificado 97 géneros de foraminíferos bentónicos, los cuales aparecen registrados en todas las muestras excepto en una (STWA

2). Esta muestra contiene una cantidad anómala de iridio, espinelas de Ni, etc, que evidencian un posible impacto meteorítico (Dupuis *et al.*, en prensa). En las siguientes muestras STWA 3, STWA4 y STWA 5 las conchas de foraminíferos no son frecuentes y están mal conservadas. El mayor número de géneros de foraminíferos aparece registrado en el Maastrichtiense superior. En el límite K/T se da un brusco descenso en la diversidad, y el número de géneros disminuye a 16-19 en el Daniense inferior (Biozona de *G. cretacea*). Es probable que estos valores sean incluso menores, dado que se han encontrado evidencias de retrabajamiento en esta parte de la sección. A partir de la muestra STWA +20+22 (parte superior de la Biozona de *G. cretacea*) el número de géneros aumenta progresivamente aunque no supera la diversidad alcanzada bajo el límite K/T. Los géneros identificados representan 4 subórdenes: Textulariina, Lagenina, Miliolina y Rotaliina. Las asociaciones de foraminíferos bentónicos están dominadas por representantes de los subórdenes

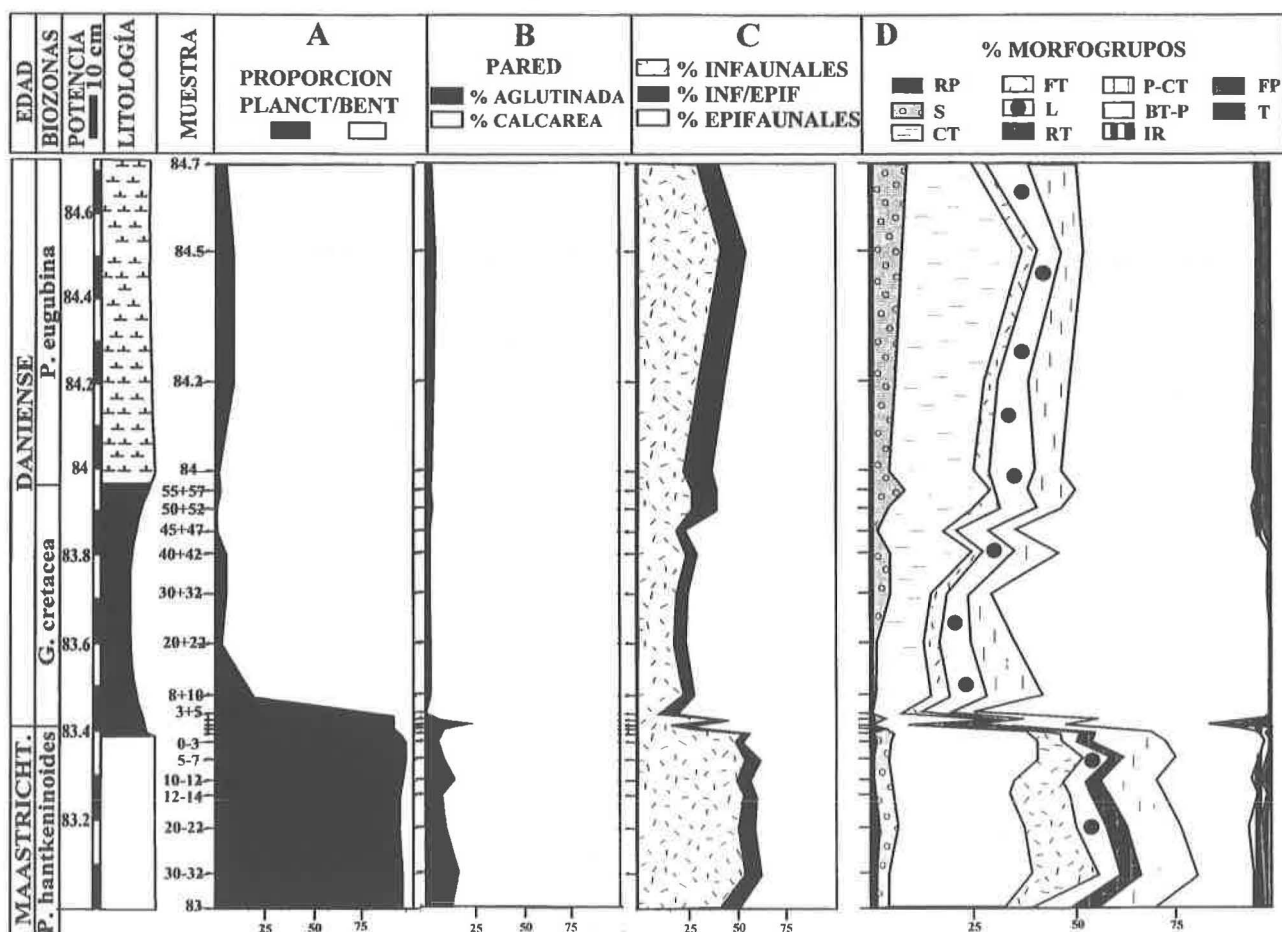


Figura 3. A: Proporción P/B; B: Porcentaje de foraminíferos bentónicos aglutinados y calcáreos; C: Proporción de morfogrupos infaunales/epifaunales; D: Abundancia relativa de los distintos morfogrupos de foraminíferos bentónicos: RP, redondeados planispiralados; S, esféricos; CT, cilíndricos alargados; FT, alargados aplanados; L, lenticulares; RT, redondeados trocospiralados; P-CT, planoconvexos trocospiralados; BT-P, biconvexos trocospiralados; IR, irregulares; FP, planispiralados aplanados, streptospiralados; T, tubulares o ramificados.

Lagenina (*Lenticulina*, *Vaginulina*, *Laevidentalina*, *Pyramidulina*, *Lagena*) y Rotaliina (*Cibicidoides*, *Cibicides*, *Gavelinella*, *Anomalinoides*, *Sitella* y *Alabama*). (Fig. 2).

La proporción entre foraminíferos planctónicos y bentónicos (P/B) en el intervalo estudiado está claramente polarizada: muy alta en el Maastrichtiense superior (90-94%) y muy baja en el Daniense inferior (Fig. 3 A).

Entre las asociaciones de foraminíferos bentónicos estudiadas dominan las formas calcáreas-hialinas, siendo los foraminíferos aglutinados componentes minoritarios. En el Maastrichtiense terminal este grupo varía entre el 6 y 16%, mientras que en el Daniense basal estos valores no superan el 5% (Fig. 3B).

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos del Maastrichtiense terminal están compuestas por morfogrupos mixtos infaunales y epifaunales, donde los taxones epifaunales constituyen el 50-60% de las asociaciones (Fig. 3C). El morfogrupo infaunal está dominado por formas alargadas, cilíndricas o aplanadas, mientras que entre los morfogrupos epifaunales dominan las formas trocospiraladas plano-convexas o biconvexas y planispiraladas. Estas proporciones cambian en el límite K/T. En

el Daniense inferior la abundancia de formas infaunales decrece drásticamente hasta un 10% en la muestra STWA +3+5. El breve aumento de las formas infaunales en la muestra STWA 5 es probablemente resultado del influjo de formas cretácicas retrabajadas. A partir de la muestra STWA +8+10 las proporciones de formas infaunales en las asociaciones aumentan significativamente constituyendo hasta un 20-35% de las asociaciones. Sin embargo, estos valores son muy inferiores a los del Maastrichtiense terminal.

La elevada proporción P/B y la alta diversidad a finales del Cretácico en la sección estudiada sugieren el depósito en una plataforma externa-talud superior. Estimaciones similares acerca de la profundidad del mar al Norte de Tunicia fueron dadas por Keller (1988) y van der Zwaan y Speijer (1994) en El Kef, y por Brinkhuis y Zachariasse (1988) en El Haria.

Las asociaciones de foraminíferos en la región estudiada son politáxicas y tienen una estructura trófica compleja, lo que indica una generalizada estabilidad ambiental. Se corresponden con la asociación Tetisiana Marginal de Widmark y Speijer (1997). En el límite K/T tuvo lugar un drástico cambio faunal: la riqueza de géneros cayó

repentinamente hasta los valores más bajos, y la abundancia de morfotipos infaunales descendió drásticamente. La proporción P/B disminuyó bruscamente, y varios taxones se extinguieron, mientras que los taxones Lázaro desaparecieron temporalmente y reaparecieron en el Daniense inferior. Van der Zwaan y Speijer (1994) documentan resultados similares en El Kef. Keller (1988) explica el cambio faunal en el límite K/T como resultado de una regresión marina en esta región; los foraminíferos bentónicos de aguas profundas se habrían extinguido tras la somerización del mar. Sin embargo, Van der Zwaan y Speijer (1994) excluyen las variaciones mayores del nivel del mar para este evento. Según estos autores, el cambio faunal en el límite K/T se debe a la escasez de oxígeno, en combinación con un descenso de la productividad primaria.

El aporte de alimento y oxígeno son parámetros fundamentales en la composición de los foraminíferos y su abundancia (ej. van der Zwaan, 1982; Corliss y Chen, 1988; Sen Gupta y Machain Castillo, 1993; Jorissen *et al.*, 1995). Los datos obtenidos en la sección de Aïn Settara sugieren la siguiente sucesión de eventos a lo largo del límite K/T:

- 1- Productividad normal o alta en el Maastrichtiense terminal, con aporte suficiente de partículas alimenticias de las aguas superficiales a los organismos bentónicos; las asociaciones de foraminíferos bentónicos se encuentran altamente diversificadas y compuestas por una mezcla de morfogrupos infaunales y epifaunales.
- 2- Caída repentina del aporte alimenticio a los organismos bentónicos en el límite K/T, reflejada por la extinción de algunos taxones y migraciones temporales de otros; las asociaciones de foraminíferos bentónicos que sobrevivieron se caracterizan por la escasez de ejemplares y por el dominio de morfogrupos epifaunales.
- 3- Período con condiciones oligotróficas en la superficie con aporte limitado de partículas alimenticias al fondo marino durante el Daniense inferior (parte superior de las biozonas *G. cretacea* y *P. eugubina*); las asociaciones de foraminíferos bentónicos estaban dominadas por morfogrupos epifaunales.

Conclusiones

En el límite K/T de Aïn Settara, Tunicia, se observa un cambio faunal significativo en las asociaciones de microforaminíferos bentónicos que coincide con la anomalía de iridio y otras evidencias de impacto meteorítico.

En el Maastrichtiense terminal las asociaciones de microforaminíferos bentónicos son politáxicas e indican cierta complejidad en su estructura trófica, reflejo de la estabilidad ambiental reinante a finales del Cretácico. En la parte basal de la Biozona de *G. cretacea* las asociaciones de foraminíferos bentónicos están muy empobrecidas en abundancia y diversidad, en comparación con los sedimentos infra y suprayacentes. La escasez de foraminífe-

ros en la parte inferior de la Biozona de *G. cretacea*, así como los cambios en su composición morfotípica indican una disminución repentina en el aporte alimenticio a los organismos bentónicos. Estos cambios en las asociaciones de foraminíferos estudiadas reflejan un colapso ambiental instantáneo y catastrófico; parece existir una relación de causa y efecto entre el impacto meteorítico y el cambio en los foraminíferos, que en el caso de los pequeños foraminíferos bentónicos se manifiesta con la drástica reorganización de las asociaciones y la extinción de algunos géneros en el límite K/T.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Chistian Dupuis (Universidad de Mons, Bélgica) su colaboración en los muestreos, y a Ignacio Arenillas (Universidad de Zaragoza) y José Antonio Arz (Universidad Autónoma de Nuevo León, México) su aportación de datos inéditos sobre foraminíferos planctónicos. Laia Alegret disfruta de una beca F.P.I. del Ministerio de Educación y Cultura, nº ref: FP98. Esta investigación se ha realizado en el marco del proyecto DGES PB97-1016.

Bibliografía

- Arenillas, I., Arz, J.A., Molina, E. y Dupuis, C., en prensa. The Cretaceous/Tertiary boundary at Aïn Settara, Tunisia: Sudden catastrophic mass extinction in planktic foraminifera, *Journal of Foraminiferal Research*.
- Brinkhuis, H. y Zachariasse, W.J. 1988. Dinoflagellate cysts, sea level changes and planktonic foraminifera across the Cretaceous-Tertiary boundary at El Haria, northwest Tunisia, *Marine Micropaleontology*, **13** (2), 153-191.
- Coccioni, R. y Galeotti, S. 1994. K/T boundary extinction: Geologically instantaneous or gradual event? Evidence from deep-sea benthic foraminifera. *Geology*, **22**, 779-782.
- Corliss, B.H. y Chen, C. 1988. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea benthic foraminifera and ecological implications. *Geology*, **16**, 716-719.
- Dupuis, C., Steurbaut, E., Molina, E., Rauscher, R., Tribouillard, N. P., Arenillas, I., Arz, J. A., Robaszynski, F., Caron, M., Robin, E., Rochia, R., Lefeure, I., Schuler, M., y Larque, P., en prensa: Biotic evolution and events across the Cretaceous/Tertiary (K/T) boundary in the Aïn Settara section (Kalaat-Senan area) of Central Tunisia, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
- Jorissen, F. J., de Stigter, H.C. y Widmark, J.G.V. 1995. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats, *Marine Micropaleontology*, **26** (1/4), 3-15.
- Keller, G. 1988. Biotic turnover in benthic foraminifera across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Kef, Tunisia, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **66** (3/4), 153-172.
- Loeblich, A. R. Jr y Tappan, H. 1988. *Foraminiferal Genera and Their Classification*. Van Nostrand Reinhold Company (ed), 2 vol, 1-970; 1-21.
- Molina E., Arenillas I y Arz J. A. 1996. The Cretaceous/Tertiary boundary mass extinction in planktic foraminifera at Agost, Spain. *Revue de Micropaléontologie*, France, **39** (3), 225-243.
- Molina, E., Arenillas, I. y 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.

- Sen Gupta, B. K. y Machain-Castillo, M.L. 1993. Benthic foraminifera in oxygen-poor habitats. *Marine Micropaleontology*, **20**, 183-201.
- 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.
- Speijer, R. P. y van der Zwaan, G. J. 1994. Extinction and survivorship patterns in southern Tethyan benthic foraminiferal assemblages across the Cretaceous/Paleogene boundary. *Geologica Ultraiectiona*, **124**, 19-64.
- Van der Zwaan, G.J. 1982. Paleocology of late Miocene Mediterranean foraminifera. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, **25**, 202 pp.
- Van der Zwaan, G.J. y Speijer, R. 1994. Extinction and survivorship patterns in southern Tethyan benthic foraminiferal assemblages across the Cretaceous/Paleogene boundary, *Geologica Ultraiectiona*, **124**, 19-64.
- Widmark, J.G.V. y Speijer, R.P. 1997. Benthic Foraminiferal Faunas and Trophic Regimes at the Terminal Cretaceous Tethyan Seafloor, *Palaos*, **12**, 354-371