

Evolución paleoecológica de las asociaciones de foraminíferos bentónicos durante el tránsito Cretácico-Terciario en La Ceiba, México

L. Alegret y E. Molina

Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. 50009, Zaragoza.

ABSTRACT

Benthic foraminifera from the Cretaceous/Tertiary (K/T) transition at La Ceiba (Mexico) have been studied. In base of their similarity with recent benthic foraminifera and the relationship between morphological features and microhabitat preferences, as well as with the feeding habits, we inferred the paleoecology of the assemblages from sea-bottom floor. Three stages have been distinguished: mesotrophic conditions prevailed during stage 1, followed by an increase in the organic flux during stage 2, and then a sudden breakdown of the food supply in the stage 3. The pattern of paleoecological evolution, as well as a drastic fall in the primary productivity between stages 2 and 3, are consistent with the hypothesis of a bolide impact in the Yucatan at the K/T boundary.

Key words: *Benthic foraminifera, K/T boundary, México.*

INTRODUCCIÓN

En el Golfo de México afloran una serie de depósitos margosos, con una unidad siliciclástica intercalada de edad Cretácico superior-Paleoceno inferior, cuyo estudio es fundamental para comprender el evento ocurrido en el límite K/T. El análisis de las comunidades de foraminíferos bentónicos proporciona abundante información paleoambiental del substrato marino. Dada la estrecha relación existente entre estos organismos y el medio en que habitaban, la evolución de las comunidades de foraminíferos bentónicos permite dilucidar la evolución paleoecológica a lo largo del tránsito K/T.

El corte de La Ceiba está situado 7 km al Sur de la población de La Ceiba (Ávila Camacho), en la carretera que comunica La Ceiba con Tlaxcalantongo, en el Estado de Veracruz (Centro-Este de México). El área de estudio se caracteriza por la presencia de una unidad siliciclástica de potencia métrica que separa la Formación Méndez de la Formación Velasco, ambas esencialmente margosas. Para el estudio de los foraminíferos bentónicos contenidos en estas margas se realizó un muestreo muy detallado; las muestras fueron posteriormente 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°C. Los ejemplares de foraminíferos bentónicos hallados fueron clasificados y montados en celdillas para un posible reestudio de los mismos.

El objetivo del presente trabajo es profundizar en el conocimiento de la estructura de las comunidades de foraminíferos bentónicos, en sus necesidades alimenticias y de oxígeno, aportando así datos para dilucidar la naturaleza de la crisis ocurrida en el límite K/T.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de las comunidades marinas refleja importantes cambios cuantitativos y cualitativos coincidiendo con el límite K/T; sin embargo, los organismos que poblaban las zonas más profundas fueron afectados en menor medida por los eventos del límite K/T (Thomas, 1990). El principal cambio que aparece reflejado en los foraminíferos bentónicos de La Ceiba se refiere a la estructura de las comunidades y en los morfogrupos que las constituían.

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos en La Ceiba están dominadas por foraminíferos de conchas calcáreas, e indican que el depósito de estos materiales tuvo lugar en un medio batial profundo (Alegret en Arz *et al.* 2000 y en Arz *et al.* en prensa). Las comunidades de foraminíferos bentónicos estaban, en general, dominadas por morfogrupos epifaunales (Fig. 1a) que habitaban las capas más superficiales del sedimento. La proporción entre morfogrupos epifaunales e infaunales (cuyo microhábitat se sitúa de 7 a 15 cm de profundidad bajo el sedimento) refleja unas condiciones mesotróficas, es decir, con aporte de nutrientes al fondo marino suficiente para satisfacer las

necesidades alimenticias de los foraminíferos epifaunales e infaunales. Este modelo de distribución de los foraminíferos bentónicos cambia en la parte superior de la Biozona de *Plummerita hantkeninoides*, donde se observa un notable aumento de los morfogrupos infaunales. A continuación, la primera biozona que aparece registrada es la Biozona de *Parasubbotina pseudobulloides*, en la que el porcentaje de morfogrupos infaunales es un 29% menor que en la última muestra cretácica. Este brusco descenso se atribuye a una disminución en el aporte de nutrientes al fondo marino que se relaciona con un colapso de la productividad primaria, aunque no se puede precisar en qué momento ocurrió debido a la presencia de un hiato sedimentario.

Existe una estrecha relación entre la morfología de los foraminíferos bentónicos actuales y los diversos microhábitats ocupados por éstos (Corliss, 1985). Esta premisa se puede aplicar también a los foraminíferos bentónicos del pasado, muy similares a los actuales, y de este modo inferir la paleoecología de las asociaciones que vivían en el fondo marino. Así, Jones y Charnock (1985) establecen una relación entre la morfología de las conchas con los distintos hábitos alimenticios, y Kaiho (1991) y Bernhard (1986) entre otros autores, la relacionan con la oxigenación de las aguas. El aporte de alimento y oxígeno son parámetros fundamentales en la composición de las comunidades de foraminíferos (Jorissen *et al.*, 1995), y por tanto necesarios para la reconstrucción paleoambiental. Jorissen *et al.* (1995) propusieron un modelo de profundidad de penetración de los foraminíferos bentónicos en el sedimento en función de la oxigenación de las aguas y disponibilidad de alimento: en condiciones oligotróficas, todo el alimento es consumido en la superficie del sedimento por los foraminíferos epifaunales, y los infaunales estarán ausentes. Al aumentar el aporte de nutrientes a los fondos se favorece la difusión de materia orgánica a las capas más profundas del sedimento (por bioturbación); este aumento en el flujo orgánico conlleva también un incremento en el consumo de oxígeno por los foraminíferos, y esta situación favorece a los grupos infaunales, capaces de soportar niveles bajos de oxígeno mientras dispongan de alimento suficiente. Si este modelo se lleva a un extremo en el que el aporte de nutrientes es aún más abundante, todo el oxígeno será consumido en la superficie, y los foraminíferos serán fundamentalmente epifaunales. Las asociaciones de foraminíferos bentónicos en La Ceiba indican unas condiciones mesotróficas, con un aumento progresivo de flujo de nutrientes a finales del Cretácico, y un posterior descenso del mismo en la base del Paleoceno.

Jones y Charnock (1985) establecen una clasificación de los foraminíferos bentónicos basada en su posición de vida y hábitos alimenticios. La aplicación de esta clasificación al corte de La Ceiba pone de manifiesto que los hábitos alimenticios predominantes eran los correspondientes a los grupos epifaunales B3 (herbívoros, detritívoros y omnívoros activos) e infaunales C1 (detritívoros y/o

bacteriófagos), con una menor proporción de los grupos epifaunales D (herbívoros) y A (suspensívoros) (Fig. 1b). En la parte superior de la Biozona de *Plummerita hantkeninoides*, disminuyen los representantes del grupo B3 y aumentan notablemente los del C1. El cambio más importante tuvo lugar en el intervalo de tiempo comprendido entre la última muestra cretácica y la primera del Paleoceno, y se refleja en un importante descenso del grupo C1, y la recuperación del B3 (Fig. 1b).

Según Bernhard (1986), los foraminíferos bentónicos se encuentran ligados al contenido de oxígeno disuelto en las aguas del fondo marino. En este trabajo se han aplicado los criterios establecidos por Kaiho (1991) para diferenciar entre ambientes aerobios y anaerobios: en los ambientes aerobios predominan las morfologías esféricas, planoconvexas y lenticulares, mientras que en condiciones de escasez de oxígeno predominan los foraminíferos bentónicos de morfologías aplanadas elongadas y cilíndricas, de paredes finas y muy porosas para aumentar la absorción de oxígeno. La evolución que muestran estos morfotipos en La Ceiba refleja una ligera disminución de las formas aerobias en la Biozona de *Plummerita hantkeninoides* y un aumento de las mismas en las primeras muestras del Paleoceno. La extrapolación de las cantidades relativas de oxígeno disuelto en las aguas del fondo marino a partir de las formas aerobias y anaerobias nos ha permitido reconstruir la curva de variación del Índice de Oxígeno disuelto (IO) para el sector del Golfo de México a lo largo del límite K/T (Fig. 1c). El Índice de Oxígeno (IO) se define como el porcentaje de foraminíferos aerobios respecto al total (aerobios y anaerobios) (Kaiho, 1991). El valor obtenido para el I.O. en el corte de La Ceiba es coherente con las curvas I.O. de origen global para el tránsito Cretácico-Terciario, tomando valores comprendidos entre 80 y 90. Es también en la Biozona de *Plummerita hantkeninoides* donde este valor disminuye drásticamente, y aumenta en el Paleoceno basal reflejando una recuperación de la buena oxigenación de las aguas en el fondo marino.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos sobre la evolución de los morfogrupos infaunales y epifaunales, de los hábitos alimenticios de los foraminíferos bentónicos y de la oxigenación de las aguas en el fondo marino indican dos cambios importantes en el tiempo, que nos permiten distinguir tres estadios de evolución paleoecológica a lo largo del tránsito K-T en el corte de La Ceiba:

Estadio 1. Comprende el intervalo superior estudiado de la Biozona de *Abatomphalus mayaroensis* y la parte basal de la Biozona de *Plummerita hantkeninoides*. Durante este estadio predominan condiciones mesotróficas, con un aporte de nutrientes al fondo marino suficiente para sostener a las comunidades epifaunales e infaunales. Los

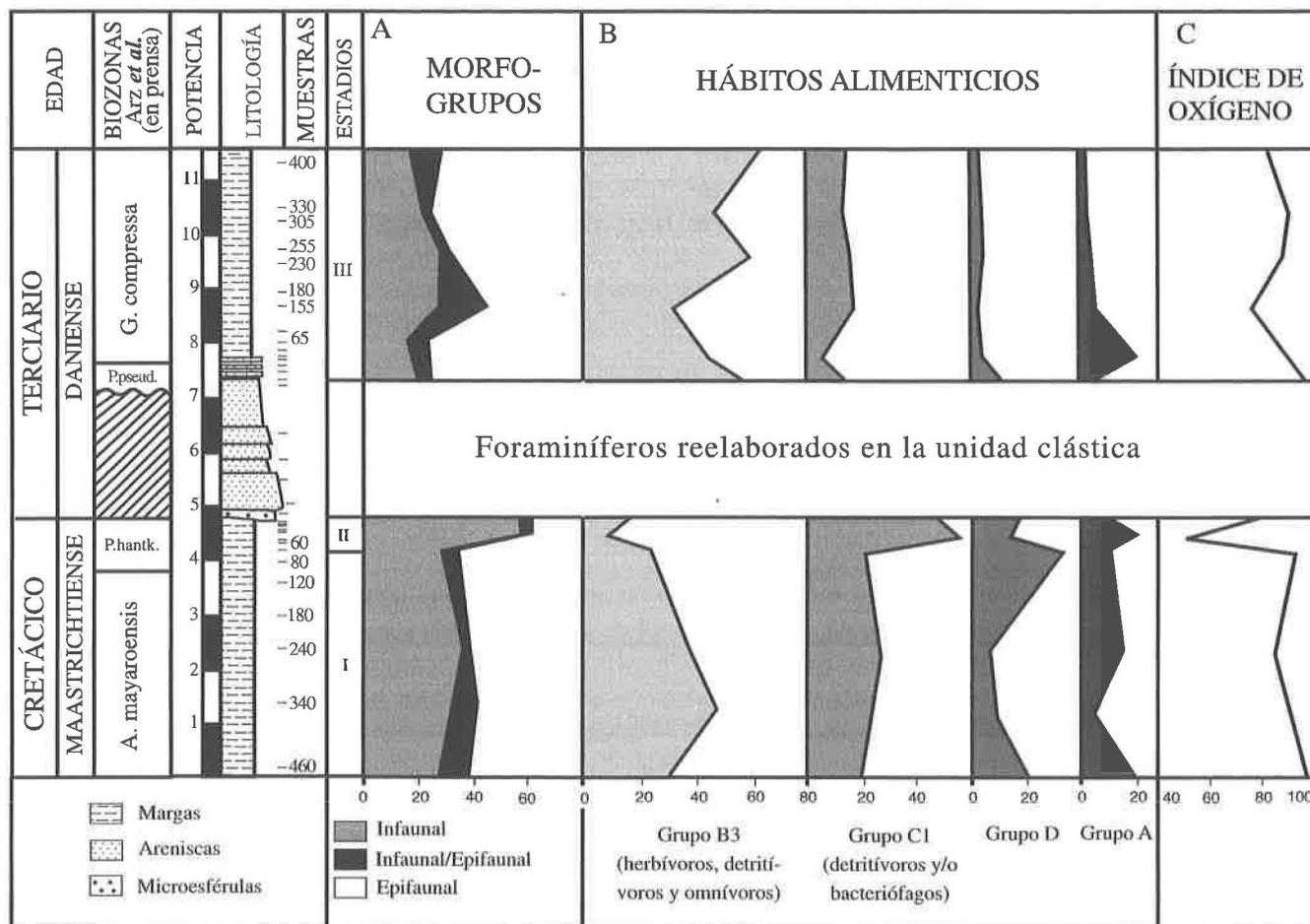


FIGURA 1: Distribución cuantitativa de los foraminíferos bentónicos en La Ceiba. A: Porcentajes de morfogrupos de foraminíferos bentónicos infaunales y epifaunales; B: Porcentajes de los morfogrupos establecidos según diferentes hábitos alimenticios; C: Curva I.O. (Índice de Oxígeno) trazada para La Ceiba.

grupos epifaunales predominaban sobre los infaunales, y entre ellos los hábitos alimenticios más frecuentes eran los herbívoros, detritívoros y omnívoros. La oxigenación de las aguas era buena, y coincide con la dada por otros autores para el Cretácico superior (Kaiho, 1991).

Estadio 2. El estadio 2 se desarrolló durante la parte superior de la Biozona de *Plummerita hantkeninoides*, y en él aparece reflejado un importante aumento de los morfogrupos infaunales, principalmente de los detritívoros y bacteriófagos, además de un descenso en la oxigenación del substrato. Durante el estadio 2 tuvo lugar un incremento en el aporte de nutrientes a los fondos, llegando la materia orgánica a las capas más profundas del sedimento; junto a este aumento en el flujo orgánico también se incrementó el consumo de oxígeno por los foraminíferos, favoreciendo a los grupos infaunales. Por el contrario, los foraminíferos epifaunales, que necesitan mayores cantidades de oxígeno para su actividad vital, se vieron relegados a un segundo plano.

Estadio 3. La situación en el estadio 3 es muy diferente a la ocurrida en el estadio 2. En este caso las comunidades de foraminíferos bentónicos estaban condicionadas por el

aporte de nutrientes, que era escaso. En condiciones de escasez de flujo orgánico, la materia orgánica queda restringida a las capas más superficiales del sedimento, sin llegar a las capas profundas habitadas por los morfogrupos infaunales, cuya abundancia decrece drásticamente. Por esta razón en el estadio 3 dominan los grupos epifaunales, que aprovechaban la escasa materia orgánica que llegaba a la superficie del substrato marino bajo unas condiciones normales de oxigenación de las aguas.

Estas condiciones oligotróficas pueden ser la continuación de un colapso en la productividad primaria ocurrido en el límite K/T. Sin embargo, debido a la ausencia de datos correspondientes al Paleoceno basal como consecuencia de un hiato sedimentario, no existe información exacta de cómo ocurrió este importante descenso en la productividad primaria. A pesar de ello, los cambios experimentados por las comunidades de foraminíferos bentónicos en La Ceiba durante el límite K/T son similares a los descritos por otros autores (ej., Thomas, 1990; Peryt *et al.*, 1997), y coherentes con la hipótesis de un impacto meteorítico que afectó a la fotosíntesis global y, por lo tanto, a la productividad primaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Ignacio Arenillas (Universidad de Zaragoza) y a José Antonio Arz (Universidad Autónoma de Nuevo León, México) su colaboración en los muestreos, así como la realización de la bioestratigrafía basada en foraminíferos planctónicos. Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto DGES PB97-1016.

REFERENCIAS

- Arz, J.A., Arenillas, I., Soria, A.R., Alegret, L., Grajales-Nishimura, J.M., Liesa, C., Meléndez, A., Molina, E. y Rosales, C. (2000): Micropaleontología y sedimentología del límite Cretácico/Terciario en la Ceiba, México. *Actas del IV Meeting on the Geology of Northwestern Mexico and Adjacent Areas*. Hermosillo, Sonora (México), 2: 5-6.
- Arz, J.A., Arenillas, I., Soria, A.R., Alegret, L., Grajales-Nishimura, J.M., Liesa, C., Meléndez, A., Molina, E. y Rosales, C. (en prensa): Micropaleontology and Sedimentology of the Cretaceous/Paleogene boundary at La Ceiba (Mexico). *Journal of South American Earth Sciences*.
- Bernhard, J.M. (1986): Characteristic assemblages and morphologies of benthic foraminifera from anoxic, organic-rich deposits: Jurassic through Holocene. *Journal of Foraminiferal Research*, 16: 207-215.
- Corliss, B.H. (1985): Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments. *Nature*, 314: 435-438.
- Jones, R.W. y Charnock, M.A. (1985): "Morphogroups" of agglutinated foraminifera - Their life positions and feeding habits and potential applicability in (paleo)ecological studies. *Revue de Paleobiologie* 4: 311-320.
- 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.
- Kaiho, K. (1991): Global changes of Paleocene aerobic/anaerobic benthic foraminifera and deep-sea circulation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 83: 65-85.
- Peryt, D., Lahodinsky, R. y Durakiewicz, T. (1997): Deep-water agglutinated foraminiferal changes and stable isotope profiles across the Cretaceous-Paleogene boundary in the Rotwandgraben section, Eastern Alps (Austria). *Palaeogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 132: 287-307.
- Thomas, E. (1990). Late Cretaceous through Neogene deep-sea benthic foraminifera (Maud Rise, Weddell Sea, Antarctica). En: *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, (Barker, P.F. *et al.*, Eds.). 113: 571-594.