

Modelos de extinción de foraminíferos planctónicos en el límite Cretácico/Terciario (K/T) de El Mulato (México) y Agost (España)

Planktic Foraminifera extinction models at the Cretaceous/Tertiary (K/T) boundary in El Mulato (Mexico) and Agost (Spain)

J.A. Arz (*,**), I. Arenillas (**,***), J.G. López-Oliva (*) y E. Molina (**)

(*) Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León. CP-67700 Linares, N.L., México.

(**) Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología). Universidad de Zaragoza. E-50009 Zaragoza, España.

(***) Institut und Museum für Geologie und Paläontologie. Universität Tübingen. D-72076 Tübingen, Alemania.

ABSTRACT

The Cretaceous/Tertiary Boundary (K/T) is still a controversial case in the history of the Earth. This boundary has been one of the most investigated subject during the last 17 years, trying to find clues to better understand the event (s), that culminated with the disappearance of several groups of organisms including dinosaurs and planktic foraminifera. Data from El Mulato in NE Mexico and Agost (Spain) in the western Tethys may support respectively both theories; a gradual disappearance and a massive catastrophic instantaneous extinction of organisms 65 Ma. ago. Comparison of data shows that at El Mulato the sudden disappearance of Cretaceous planktic foraminifera and the simultaneous first appearance of tertiary species indicates a hiatus at exactly the K/T boundary transition, superposed by a gradual extinction pattern associated to several events. At Agost a catastrophic instantaneous mass extinction is indicated at the K/T boundary. This extinction pattern may be related to the impact of a celestial body that caused an extinction, one of the most important during the development of life.

Key words: planktic foraminifera, extinction, biostratigraphy, Maastrichtian, Danian.

Geogaceta 23 (1998), 15-18
ISSN: 0213683X

Introducción

La hipótesis del impacto meteorítico en el límite Cretácico/Terciario (K/T) fue propuesta por Alvarez *et al.*, (1980) al descubrir una anomalía de Ir en el límite K/T de Gubbio (Italia). En la última década se han aportado diversas evidencias de impacto en casi todo el mundo, incluyendo cuarzos de impacto, espinelas de Ni, microtectitas, etc. (Smit y Kyte, 1984). Un cráter en el subsuelo del norte de Yucatán (Chicxulub) ha sido considerado como la confirmación de la hipótesis impactista (Hildebrand *et al.*, 1991; Smit *et al.*, 1992). No obstante, esta afirmación y sus supuestos efectos catastróficos han sido cuestionados recientemente (Stinnesbeck *et al.*, 1993, 1994; Adatte *et al.*, 1996).

El límite K/T en el NE de México viene marcado por una secuencia areniscosa de 5 cm a 9 m de potencia, que ha sido corrientemente interpretada como depósitos de una ola tsunami originada por el impacto meteorítico en Yucatán (Bourgeois *et al.*, 1988; Smit *et al.*, 1992,

1996; Alvarez *et al.*, 1992). La base de este complejo areniscoso contiene esférulas y microesférulas que han sido interpretadas como microtectitas eyectadas por el impacto del meteorito (Smit *et al.*, 1992, 1996). Este complejo ha sido interpretado también como un depósito somero originado por un descenso del nivel del mar (Keller *et al.*, 1993; Stinnesbeck *et al.*, 1994; Stinnesbeck y Keller, 1996). En el mismo sentido, las microesférulas han sido atribuidas a un origen volcánico, sedimentario e, incluso, biogénico con la formación de oncolitos, oolitos y/o pisolitos (Stinnesbeck *et al.*, 1993, 1996). La posición cronoestratigráfica exacta del complejo areniscoso es también un tema muy controvertido, ya que algunos investigadores sugieren que se sitúa justo en el límite K/T (Bourgeois *et al.*, 1988; Smit *et al.*, 1992, 1996; Smit y Romein, 1985) y otros de que lo hacen por debajo del límite K/T (Jiang y Gartner, 1986; Stinnesbeck *et al.*, 1993; Keller *et al.*, 1994; López-Oliva, 1996; López-Oliva y Keller, 1996). El material eyectado por el

impacto del cráter de Chicxulub incluyó fundamentalmente tectitas y microtectitas, cuarzos de choque y cantidades anómalas de Ir, Os, Pt, Ni y de otros elementos siderófilos (Alvarez, 1996). Algunas de estas evidencias de impacto han sido reconocidas en la lámina de arcilla del corte de Agost (Smit, 1990), en coincidencia con la extinción principal de especies cretácicas (Canudo *et al.*, 1991; Molina *et al.*, 1996; Pardo *et al.*, 1996, Molina *et al.*, en prensa).

Por estas razones, las áreas circundantes del Golfo de México y del Tethys occidental son claves para el estudio del modelo de extinción de los foraminíferos planctónicos en el tránsito Cretácico-Terciario. En la actualidad, el debate se polariza entre los partidarios de una extinción en masa catastrófica e instantánea (Smit, 1982, 1990), compatible con la hipótesis del impacto meteorítico, y los partidarios de una desaparición gradual a través de cientos o miles de años (Keller, 1988, 1989, 1993), compatible con la hipótesis de las causas múltiples, que incluye vulcanismo, cambios eustáticos y el posible

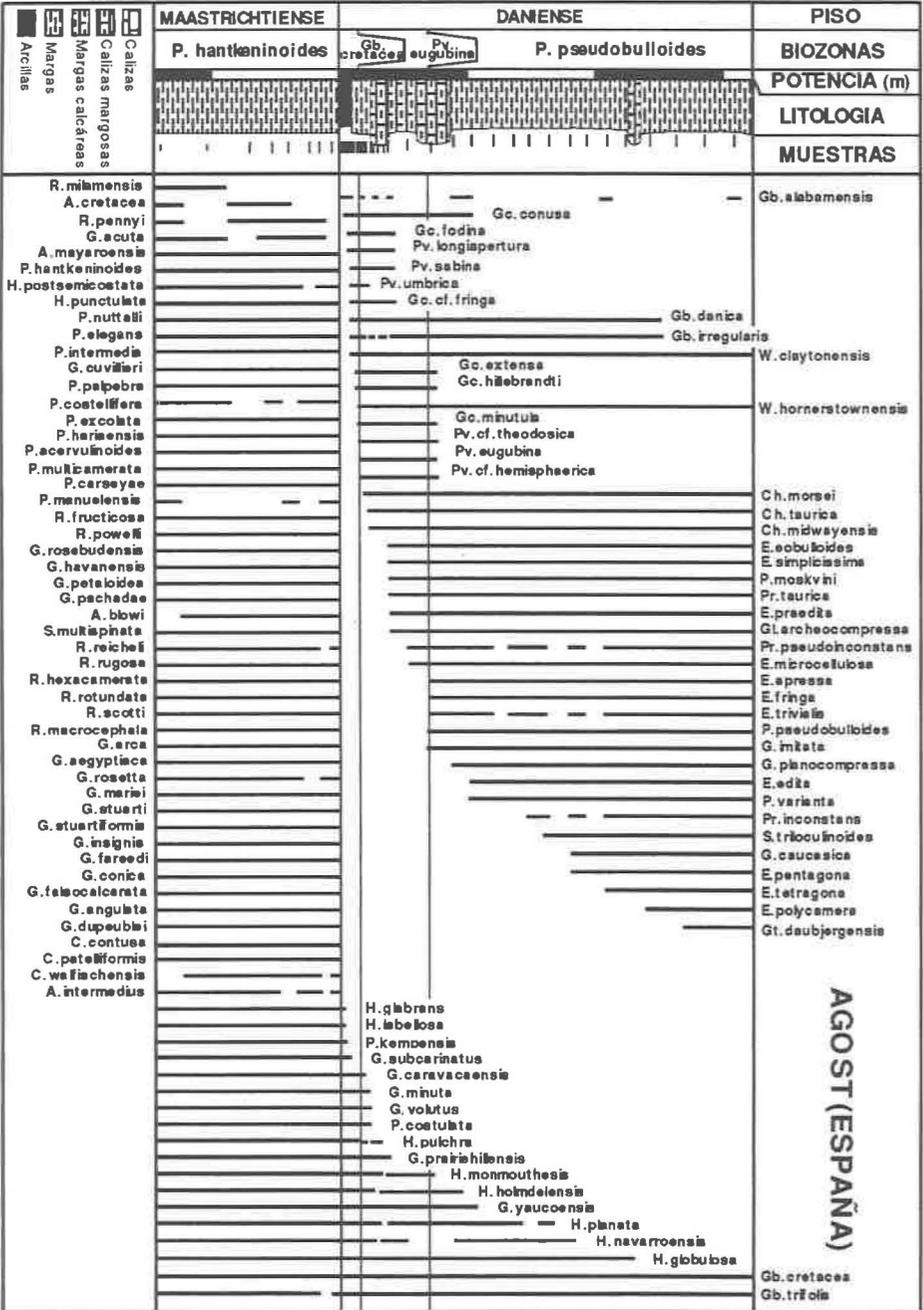
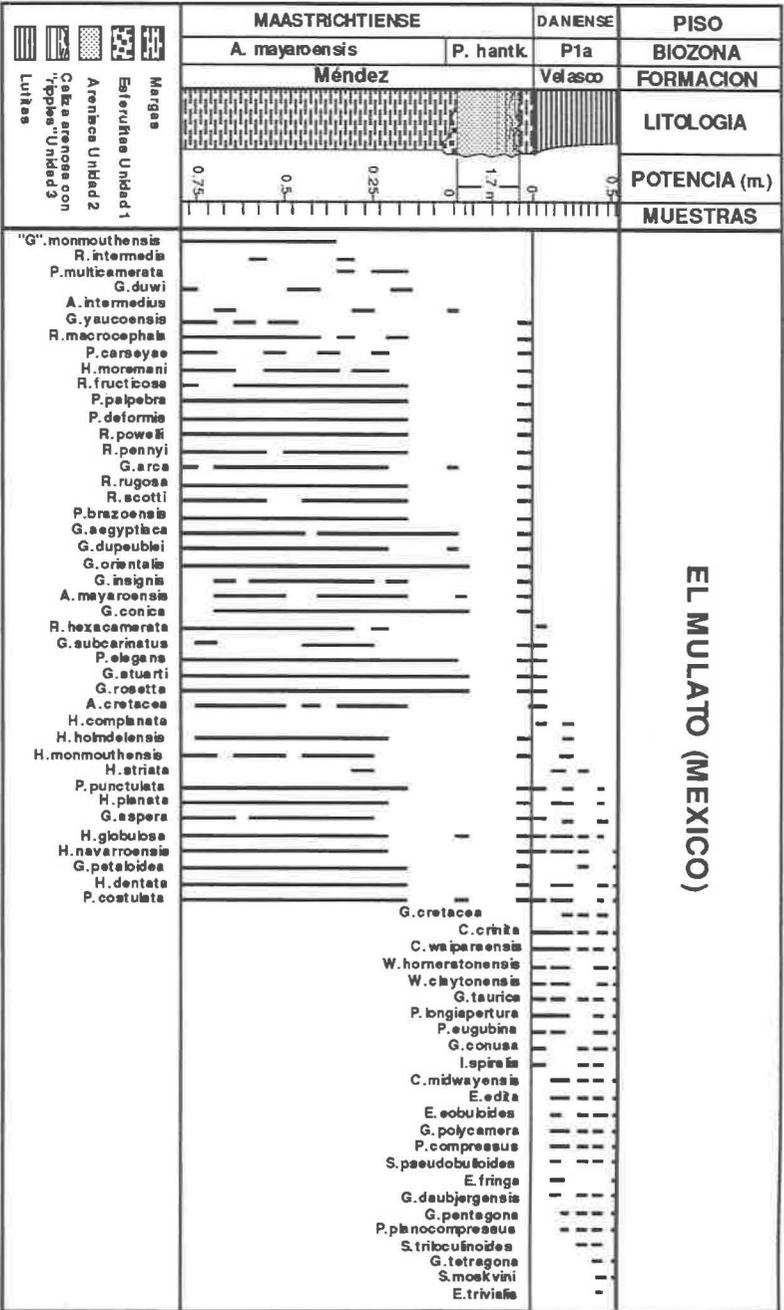


Fig. 1.- Biostratigrafía con foraminíferos planctónicos en El Mulato y Agost.

Fig. 1.- Planktic foraminiferal biostratigraphy at El Mulato and Agost.

impacto de uno o más meteoritos.

El objetivo de este trabajo es la comparación bioestratigráfica de dos cortes, El Mulato (NE de México) y Agost (SE de España), los cuales parecen respaldar las dos teorías sobre el modelo de extinción en el límite K/T. Ambos cortes fueron muestreados con una metodología de alta resolución en intervalos centimétricos a decimétricos, estudiándose un total de 78 muestras, 32 del corte de El Mulato y 46 del corte de Agost. Todas las muestras fueron disgregadas mediante el método del levigado y estudiadas en la fracción superior a 63 μm (Arz, 1996; Arenillas, 1996; López-Oliva, 1996; Arz y Arenillas, 1996; Molina *et al.*, 1996). Se ha utilizado una doble biozonación, basadas en Keller (1988, 1993), Pardo *et al.* (1996) y Molina *et al.*, (1996).

El Mulato

El corte de El Mulato está situado a 500 m al norte de la aldea de El Mulato en el Estado de Tamaulipas (NE de México) 24°54'N y 98°57'W. El tránsito Cretácico-Terciario está situado entre la Formación Méndez del Maastrichtiense y la Formación Velasco del Paleoceno inferior. La Fm. Méndez consiste en margas pelágicas de color amarillo-gris finamente laminadas. Sobre las margas de la Fm. Méndez, se dispone de forma discordante un nivel de 2-2.2 m de areniscas siliciclásticas que contienen tres unidades litológicas, reconocidas en otros cortes del NE de México (Smit *et al.*, 1992, 1996; López-Oliva, 1996; Adatte *et al.*, 1996; López-Oliva y Keller, 1996). La unidad 1 está compuesta por abundantes esférulas e intraclastos de la Fm. Méndez. La unidad 2 consiste en areniscas masivas, con esférulas y bioturbación en la base. La unidad 3 está compuesta de calizas areniscosas con *ripples*, *wavy*-, *convolute-bedding* y bioturbación en el techo. Sobre los depósitos siliciclásticos existe una fina lámina margosa de 5-10 cm de espesor similar litológica, mineralógica y faunística a las margas de la Fm. Méndez. Finalmente, las capas arcillosas terciarias de la Fm. Velasco se sitúan sobre esta fina lámina margosa.

En este corte se ha identificado la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* del Maastrichtiense superior y la Biozona P1a del Daniense basal. El análisis bioestratigráfico del tránsito Cretácico-Terciario revela que la lámina margosa de 5-10 cm encima del depósito siliciclástico contiene una asociación de foraminíferos planctónicos típica del Maastrichtiense superior. El tránsito Cretácico-Terciario se ha situado en el techo de esta lámina con la aparición de

especies terciarias y la desaparición simultánea de especies cretácicas. El depósito siliciclástico, interpretado corrientemente como depósitos de tsunamis, se sitúa por debajo del límite K/T invalidando la hipótesis de que ocurre justo en el límite K/T (López-Oliva, 1996). Se han identificado un total de 43 especies cretácicas de las cuales 5 (11,6%) desaparecen por debajo del límite, 19 (44,2%) desaparecen en la transición del límite K/T y 19 (44,2%) persisten en la base del Paleoceno. Sin embargo, la aparición simultánea de 9 especies terciarias justo encima de la lámina margosa de 5-10 cm sobre el depósito siliciclástico indica la existencia de un hiato que afecta a la Biozona de *Plummerita hantkeninoides* de la parte terminal del Maastrichtiense y a la Biozona P0 y la parte inferior de P1a del Daniense basal. En este corte, el modelo de extinción es aparentemente catastrófico, pero superpuesto a un evidente patrón gradual. No obstante, la existencia de un hiato y la comparación con otros cortes del NE de México, permite sugerir que el modelo más correcto es el de una extinción gradual a lo largo del tránsito Cretácico-Terciario (López-Oliva y Keller, 1996) y el patrón aparentemente catastrófico es producto del hiato.

Agost

El corte de Agost está situado a 1500 m al norte de la localidad de Agost (Alicante) al SE de España 38°27'N y 0°38'W. El tránsito Cretácico-Terciario presenta depósitos de mar abierto, consistentes en margas pelágicas de color gris claro, con intercalación de margas calcáreas y escasas calcarenitas turbidíticas. El límite K/T viene marcado por un nivel de arcilla gris oscura de 12 cm de potencia, con una lámina roja con gran contenido en goethita y hematitas en su base. Esta lámina roja contiene evidencias de impacto, como microtectitas, cambios isotópicos y anomalías de Ir, Co, Ni, Cr y otros elementos, (Smit, 1990). El estudio bioestratigráfico y cuantitativo revela la continuidad de este corte (Molina *et al.*, 1996), en el que se ha podido distinguir las Biozonas de *P. hantkeninoides*, *Guembelitra cretacea* (~P0) y *Parvularugoglobigerina eugubina* (~P1a) y la aparición gradual de las especies terciarias en la base del Daniense.

El corte de Agost se ha convertido en el foco de un debate, puesto que estudiando el mismo perfil se han propuesto varios modelos de extinción de foraminíferos planctónicos en el tránsito Cretácico-Terciario: mientras que Smit (1990) proponen una extinción en masa catastrófica casi total, Canudo *et al.*, (1991) y Pardo *et al.*, (1996)

proponen una extinción en masa gradual. El estudio micropaleontológico realizado en este corte (Arz, 1996; Molina *et al.*, 1996) no revela la existencia de grandes cambios ni cuantitativos ni cualitativos en el último metro del Maastrichtiense y la gran extinción en masa de foraminíferos planctónicos cretácicos coincide con la lámina roja. Se han identificado 68 especies en el Maastrichtiense terminal, de las cuales sólo 4 (5,9%) desaparecen antes del límite K/T, 46 (67,6%) desaparecen justo en el límite y 18 (26,4%) persisten en la base del Paleoceno. El patrón de extinción más coherente es el de una extinción en masa catastrófica, pero superpuesto a un patrón menos evidente de extinción gradual.

Discusión y conclusiones

La polémica en torno a la causa real de la extinción de foraminíferos planctónicos y otros grupos de organismos durante el tránsito Cretácico-Terciario no ha encontrado todavía una solución que satisfaga a toda la comunidad científica. Las diversas evidencias sobre una extinción catastrófica ocasionada por el impacto de un meteorito han sido puestas en duda en numerosas ocasiones (Smit, 1990 vs. Canudo *et al.*, 1991; Smit *et al.*, 1992 vs. Stinnesbeck *et al.*, 1993; Keller, 1997 vs. Smit y Nederbragt, 1997). El origen de estos problemas pueden encontrarse en los diversos problemas de tipo metodológico e interpretativo que se plantean en todo estudio bioestratigráfico y/o cronoestratigráfico (Signor y Lipps, 1982; Molina, 1994, 1995; MacLeod y Keller, 1994; Arz, 1996; Ginsburg, 1997).

Los principales problemas que se plantean en el estudio bioestratigráfico con foraminíferos planctónicos son de tipo interpretativo (efecto «Signor-Lipps», efecto Lazarus, criterios de reelaboración) y estratigráfico (presencia de hiatos), los cuales han sido utilizados para argumentar una u otra hipótesis. La extinción gradual antes del límite K/T documentada en Agost y El Mulato (Canudo *et al.*, 1991; Pardo *et al.*, 1996; López-Oliva, 1996) podría ser atribuida a un efecto «Signor-Lipps» desde el punto de vista de una teoría catastrofista. La extinción en masa catastrófica en el límite K/T identificada en los mismos cortes (Smit, 1990; Molina *et al.*, 1996; López-Oliva, 1996) puede ser atribuida a un hiato en el tránsito Cretácico-Terciario desde el punto de vista de una teoría gradualista. Los foraminíferos planctónicos cretácicos encontrados en la base del Daniense en Agost y El Mulato (Canudo *et al.*, 1991; Molina *et al.*, 1996; Pardo *et al.*, 1996; López-Oliva, 1996) podrían ser atribuidos a entidades

acumuladas o reelaboradas según el punto de vista de una u otra teoría.

Eliminar estas argumentaciones de tipo tautológico y minimizar al máximo los problemas metodológicos e interpretativos debe ser la labor de los futuros micropaleontólogos a la hora de enfrentarse al estudio del límite K/T. Como en el test ciego realizado sobre el límite K/T de El Kef (Ginsburg, 1997), el estudio de los cortes de Agost y El Mulato reflejan claramente esta controversia. La solución de estos problemas debe encontrarse en la revisión de los diferentes cortes focos de la polémica y la búsqueda de nuevas argumentaciones y criterios que permitan minimizar al máximo dichos problemas. El análisis bioestratigráfico de los cortes de Agost y El Mulato permite concluir, no obstante, que el modelo de extinción de los foraminíferos planctónicos en el tránsito Cretácico-Terciario se compone de dos patrones superpuestos, uno catastrófico coincidente con el límite K/T y otro gradual a lo largo del tránsito.

Agradecimientos

J.G. López-Oliva agradece el apoyo otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). I. Arenillas disfruta de una beca FPI del Ministerio de Educación y Cultura (nº ref. EX96 0016020964). Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto DGICYT PS94-0566.

Referencias

- Adatte, T., Stinnesbeck, W. y Keller, G. (1996): *Geol. Soc. Am. Special Paper*, 307: 211-226.
- Alvarez, L.W., Alvarez, W., Asaro, F. y Michel, H.V. (1980): *Science*, 208: 1095-1108.
- Alvarez, W., Smit, J., Lowrie, W., Asaro, F., Margolis, S.V., Claeys, P. Kastner, M. y Hillebrand, A.R. (1992): *Geology*, 20: 697-700.
- Alvarez (1996). *Geol. Soc. Am. Special Paper*, 307: 141-150.
- Arenillas, I. (1996): *Tesis. Doctoral*, Universidad de Zaragoza, 1-513.
- Arz, J.A. (1996): *Tesis. Doctoral*, Universidad de Zaragoza, 1-419.
- Arz, J.A. y Arenillas, I. (1996): *Act. 125 Aniv.-XII Bienal Real Soc. de Esp. Hist. Nat.*, 281-285.
- Bourgeois, J., Hansen, T.A., Wiberg, L. y Kauffman, E.G. (1988): *Science*, 241: 567-568.
- Canudo, J.I., Keller, G. y Molina, E. (1991): *Mar. Micropal.*, 17, 319-341.
- Ginsburg, R.N. (1997): *Mar. Micropal.*, 29: 67-68.
- Hildebrand, A.R., Penfield, G.T., Kring, D.A., Pilkington, M., Camargo, A., Jacobsen, S.B. y Boynton, W.V. (1991): *Geology*, 19: 867-871.
- Jiang, M.J. y Gartner, S. (1986): *Micro-paleontology*, 32(3):232-255.
- Keller, G. (1988): *Mar. Micropal.*, 13: 239-263.
- Keller, G. (1989): *Geol. Soc. Am. Bull.*, 101: 1408-1419.
- Keller, G. (1993): *Micropaleontol.*, 21: 1-45.
- Keller, G. (1997): *Mar. Micropal.*, 29: 89-93.
- Keller, G., Barrera, E., Schmitz, B. Mattson, E. (1993): *Geol. Soc. Am. Bull.*, 105: 979-977.
- Keller, G., Stinnesbeck, W. y López-Oliva, J.G. (1994): *Palaios*, 9:144-157.
- López-Oliva, J.G. (1996): *Tes. Doctoral*, Princeton Univ., 1-245.
- López-Oliva, J.G. y Keller, G. (1996): *Geol. Soc. Am. Special Paper*, 307: 227-242.
- MacLeod, N. y Keller, G. (1994): *Paleobiology*, 20: 143-177.
- Molina, E. (1994): *Cuad. Interdisc.*, 5: 11-30.
- Molina, E. (1995): *Interciencia*, 20(2): 83-89.
- Molina, E., Arenillas, I. y Arz, J.A. (1996): *Revue Micropal.*, 39(3): 225-243.
- Molina, E., Arenillas, I. y Arz, J.A. (en prensa): *Bull. Soc. Geol. France*.
- Pardo, A., Ortiz, N. y Keller, G. (1996): *Latest Maastrichtian and K/T boundary foraminiferal turnover and environmental changes at Agost, Spain* In: N. MacLeod y G. Keller (Ed.), Norton Press, New York, 139-171.
- Signor, P.W. y Lipps, J.H. (1982): *Geol. Soc. Am. Special Paper*, 190: 291-296.
- Smit, J. (1982): *Geol. Soc. Am. Special Paper*, 190: 329-352.
- Smit, J. (1990): *Geol. Mijnb.*, 69: 187-204.
- Smit, J. y Kyte, F.T. (1984): *Science*, 230: 1292-1295.
- Smit, J. y Romein, A. J. T. (1985): *Earth Planet. Sci. Letters*, 74: 155-170.
- Smit, J. y Nederbragt, A.J. (1997): *Mar. Micropal.*, 29: 95-100.
- Smit, J., Montanari, A., Swiburne, N.H.M., Alvarez, W., Hildebrand, A.R., Margolis, S.V., Claeys, Ph., Lowrie, W. y Asaro, F. (1992): *Geology*, 20: 99-103
- Smit, J., Roep, Th. B., Alvarez, W., Montanari, A., Claeys, P., Grajales-Nishimura, J.M. y Bermudez, J. (1996): *Geol. Soc. Am. Special Paper*, 307: 151-182.
- Stinnesbeck, W. y Keller, G. (1996): *Geol. Soc. Am. Special Paper*, 307: 197-209
- Stinnesbeck, W., Barbarin, J.M., Keller, G., López-Oliva, J.G., Pivnik, D.A., Lyons, J.B., Officer, C.B., Adatte, T., Graup, G., Rocchia, R., Robin, E. (1993): *Geology*, 21: 797-800
- Stinnesbeck, W., Keller, G., Adatte, T. y MacLeod, N. (1994): *Reply: Geology*, 22: 955-956.
- Stinnesbeck, W., Keller, G., Adatte, T., López-Oliva, J.G. y MacLeod, N. (1996): *Cretaceous-Tertiary boundary clastic deposits in Northeastern Mexico: Impact tsunami or sea-level lowstand?* In: N. MacLeod y G. Keller (Ed.), Norton Press, New York, 471-518.