

Micropaleontología, Cronoestratigrafía y Sedimentología del límite Cretácico/Terciario en el NO de Cuba

Micropaleontology, Chronostratigraphy and Sedimentology of the Cretaceous/Tertiary boundary in NW Cuba

E. Molina ⁽¹⁾, J.I. Arenillas ⁽¹⁾, J.A. Arz ⁽¹⁾, C. Díaz ⁽²⁾, D. García ⁽²⁾, A. Meléndez ⁽¹⁾ y R. Rojas ⁽³⁾

⁽¹⁾ Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. 50.009. España.

⁽²⁾ Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. 11000. Cuba.

⁽³⁾ Museo Nacional de Historia Natural. La Habana, 10100. Cuba.

ABSTRACT

Several sections have been studied in western Cuba in order to date the sediments derived of the nearby Yucatan meteorite impact event. The sections of Peñalver, Minas, La Victoria, La Yuca, Santa Isabel, Cacarajícara and Moncada contain thick sediments along the Cretaceous-Tertiary transition, showing clear evidence of a large meteorite impact. The Chronostratigraphy of the Via Blanca, Peñalver, Cacarajícara, Moncada and Apolo Formations have been revised, placing the K/T boundary at the base of the Peñalver, Cacarajícara and Moncada formations. Planktic foraminifera of the Via Blanca Formation allowed to date the uppermost autochthonous sediments as *P. hantkeninoides* Biozone (latest Maastrichtian).

Key words: Cretaceous, Tertiary, Planktic Foraminifera, Impact.

Geogaceta, 32 (2002), 287-290

ISSN:0213683X

Introducción

El límite Cretácico/Terciario (K/T) fue definido en El Kef (Tunisia) en el nivel basal de la arcilla que contiene evidencias de impacto meteorítico (para una exhaustiva documentación ver Arenillas *et al.*, 2000). Este meteorito de enormes proporciones impactó en la península de Yucatán (Hildebrandt *et al.*, 1991), habiéndose encontrado depósitos derivados directa o indirectamente del impacto a nivel mundial. Mientras que en la mayor parte del mundo se concentró un nivel milimétrico compuesto de elementos evaporados, incluido el Iridio (ver Molina *et al.*, 1998), en el Golfo de México y el Caribe se formaron potentes depósitos clásticos. En el NE y en la parte centro-oriental de México se han encontrado capas de arenisca de origen turbidítico, en cuya base se localiza un nivel de microesférulas que han sido atribuidas a microtectitas alteradas (ver Arz *et al.*, 2001, y Soria *et al.*, 2001). Esta unidad clástica está más desarrollada hacia Yucatán, habiéndose identificado una potente brecha megaturbidítica en el SE de México (Grajales *et al.*, 2000) y en el NO de Cuba (Pszczolkowski, 1986).

La micropaleontología del tránsito Cretácico-Terciario de la provincia de La Habana fue estudiada por Bronnimann y Rigassi (1963) cuando aún no se había propuesto la teoría impactista. Posteriormente, Pszczolkowski (1986) fue el primero que relacionó estos depósitos megaturbidíticos con una gran

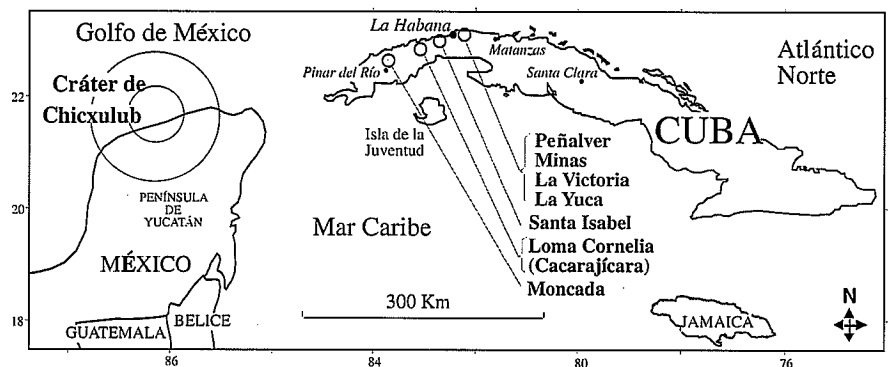


Fig. 1.- Situación geográfica de los cortes estudiados en Cuba.

Fig. 1.- Geographical location of the sections studied in Cuba.

ola (tsunami) que podría ser debida al impacto de un asteroide o a un terremoto. En este sentido, Bohor y Seitz (1990) propusieron que el impacto meteorítico del K/T se habría producido en la Isla de la Juventud al SO de Cuba, aunque Iturralde-Vinent (1992) argumentó que este no fue el lugar de impacto y que probablemente no fuera tampoco el del límite K/T. Últimamente, numerosos cortes del límite K/T han sido encontrados en Cuba (García-Delgado *et al.*, 2001) y se han realizado estudios más detallados de las formaciones de estos cortes (Takayama *et al.*, 2000) que atribuyen dichos depósitos al impacto meteorítico en Yucatán.

El presente trabajo es el resultado de las primeras investigaciones realizadas en

el marco de un proyecto hispano-cubano-mexicano sobre la Micropaleontología, Sedimentología y Cronoestratigrafía del tránsito K-T. Uno de los objetivos ha sido el muestreo en Cuba de buenos cortes estratigráficos que permiten estudiar la sedimentología de las formaciones derivadas del impacto y datar con foraminíferos planctónicos las formaciones infra y suprayacentes.

Situación y características de los cortes

Todos los cortes del tránsito K-T estudiados hasta el momento se localizan en las provincias de La Habana y Pinar del Río, noroeste de Cuba (fig.1).



Fig. 2.- Límite K/T entre las formaciones Vía Blanca y Peñalver (entre las dos monedas) en el corte Peñalver.

Fig. 2.- K/T boundary between the Vía Blanca and Peñalver formations (between the two coins) at Peñalver section.

El corte de Peñalver se encuentra en la carretera Avenida Monumental, que es un ramal sur de la autopista Vía Blanca, pocos kilómetros al Este de la ciudad de La Habana. Sus coordenadas son: X-374 400; Y-362 850 (Hoja Jaruco, 3785-II). Este corte se encuentra en las cercanías de la localidad tipo de la Formación Peñalver y se trata de una cantera de areniscas abandonada, donde se observan muy bien cantos blandos margosos mayores de 30 cm, estructuras de escape, fragmentos de rudistas, laminaciones paralelas que pasan a masivas y disminución del tamaño de grano hacia el techo, formando varios ciclos sedimentarios. Bajo la Formación Peñalver se observan algunos metros del techo de la Formación Vía Blanca del Campaniense superior-Maastrichtiense superior (fig. 2).

El corte de Minas se encuentra también al Este de la ciudad de La Habana. Sus coordenadas son X-376 600, Y-365-400 (Hoja Jaruco, 3785-II). Se trata de una cantera donde se explota actualmente la Formación Peñalver, de la cual faltan los miembros basales. En la parte Norte de la cantera se puede observar el contacto tectónico con la Formación Vía Blanca y en la parte Sur se observa como la Formación Peñalver disminuye su tamaño de grano, desde calcarenitas de color gris claro a calcilutitas. Este último paquete por su composición litológica ha sido

atribuido previamente a la Formación Apolo por Takayama *et al.* (2000).

El corte de La Victoria se encuentra cerca de los dos anteriores. Sus coordenadas son X-376 450, Y-359 851 (Hoja Jaruco, 3785-II). Se observa muy bien el Miembro basal con grandes cantos blandos, enormes olistolitos y bloques de conglomerados. Además, se incluyen cantos sueltos de basaltos, serpentinas, etcétera, también arrastrados durante el evento. En otra cantera próxima denominada La Victoria II se observa el contacto discordante y erosivo con la Formación Vía Blanca infrayacente, apareciendo grandes cantos blandos (fig. 3).

El corte de Santa Isabel se encuentra situado al Oeste de la ciudad de La Habana. Sus coordenadas son X-307 850, Y-349 400 (Hoja Mariel, 3684-IV). Aflora muy bien la Formación Vía Blanca, consistente en una alternancia de lutitas, limolitas y areniscas de composición polimíctica y de color pardo, y en menor proporción margas. Sobre ellas se dispone la Formación Peñalver, que en su base presenta grandes cantos blandos de la misma composición litológica de la secuencia infrayacente, algunos superiores al metro de diámetro; así como conglomerados bioclásticos y abundantes fragmentos de rudistas. El tamaño de grano decrece lentamente en diferentes ciclos sedimentarios, hasta llegar a constituir una lutita laminada y finalmente una alternancia de calcilutitas y margas.

El corte de La Yuca se encuentra en la encrucijada de la autopista al Noreste de La Habana. Sus coordenadas son X-369 750, Y-361 100 (Hoja de La Habana, 3785-III). Presenta un contacto, al parecer tectónico, con la Formación Peñalver, donde se observa una brecha calcarenítica de yacencia bastante abrupta y sobre ella una alternancia de lutitas, limolitas, margas y calizas del Paleoceno superior, pertenecientes a la Formación Apolo.

El corte de Loma Cornelia está situado en la carretera de Soroa a Bahía Honda. Las coordenadas son X-289 500, Y-338 350 (Hoja de Bahía Honda, 3584-I). En esta localidad aflora la Formación Cacarájicara y se puede observar en toda su enorme potencia (700-800 m) en el Río San Diego. La parte inferior está constituida por una brecha predominantemente calcárea con fragmentos de estratos en bloques de incluso decenas de metros, que en algunos casos aún conservan su estratificación original. Esta brecha disminuye progresivamente su granulometría pasando a calcarenita y luego a calcilutita.

El corte de Moncada está situado en el talud de la carretera del pueblo de

Viñales a Pons, justo a la entrada del pueblo de Moncada, a 18 km al Oeste de Viñales. Sus coordenadas son X-207 500, Y-305 600 (Hoja Minas de Matahambre, 3843-IV). La Formación Moncada consiste en una calcarenita de 2 metros de potencia, que yace sobre unas calizas gris oscuro de la Formación Pons del Cretácico y está cubierta por las calizas de la Formación Ancón del Paleoceno-Eoceno Inferior. En la parte superior del paquete de calcarenitas de la Formación Moncada existe un nivel arcilloso en el cual se ha encontrado la anomalía de Ir del límite K/T (Nakano *et al.*, 2000).

Sedimentología de las formaciones del límite K/T

Las formaciones del evento de impacto del límite K/T varían en potencia y características según su situación paleogeográfica. En los alrededores de la ciudad de La Habana se encuentra la Formación Peñalver que se depositó sobre el extinto arco volcánico. Esta formación suele tener una potencia de algunas decenas de metros en el corte de Santa Isabel y hasta casi 180 m en el corte de Peñalver. En la cantera Peñalver presenta un Miembro Basal de unos 25 m de calciruditas con gran cantidad de intraclastos y cantos blandos, que pueden llegar hasta varios metros de diámetro como se observa en las canteras La Victoria I y II. La base es irregular y erosiva. El Miembro Inferior está constituido por unos 20 m de calcarenitas con frecuentes intercalaciones de finos conglomerados y fragmentos de rudistas (Rojas *et al.*, 1995; Rojas-Consuegra, 2001). En la parte alta de este miembro se observan espectaculares estructuras de escape de fluidos de forma columnar. El Miembro Medio consiste en 40 m de calcarenitas masivas de grano medio, cuyo tamaño disminuye hacia el techo. Las estructuras de escape de agua son muy frecuentes y se sitúan perpendiculares a la superficie de estratificación. El Miembro Superior está formado por unos 40 m de finas calcarenitas laminadas. El Miembro Terminal presenta otros 40 m de calcilutitas masivas sin evidencia de bioturbación. En este miembro se han encontrado algunas microtectitas y cuarzos de choque (Takayama *et al.*, 2000). La Formación Peñalver ha sido considerada como una gran megaturbidita (Pszczolkowski, 1986), derivada directamente de la inestabilidad generada por el impacto.

La Formación Cacarájicara se sitúa en el dominio paleogeográfico del talud continental de Yucatán. Esta formación pue-

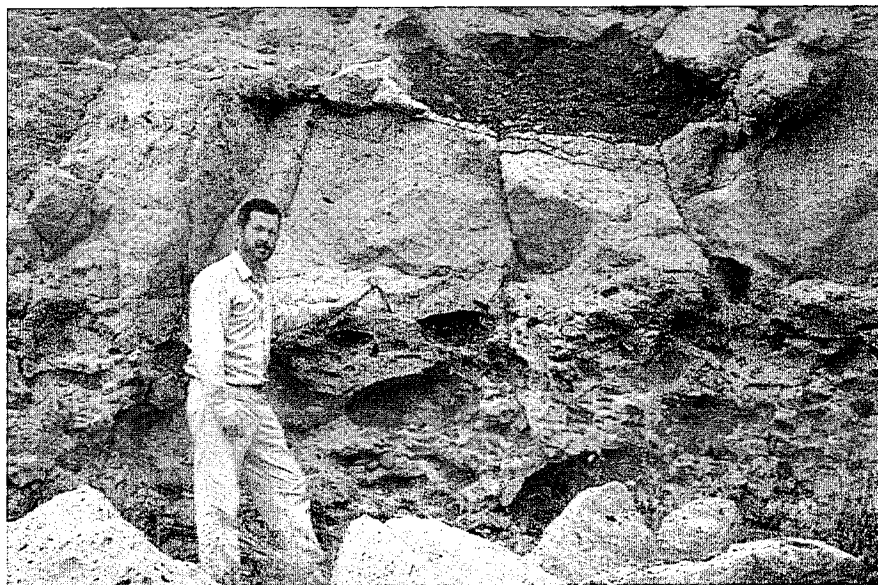


Fig. 3.- Brechas y cantos blandos en la parte inferior de la Formación Peñalver en el corte La Victoria II.

Fig. 3.- Breccias and soft boulders in the lower part of the Peñalver Formation at the La Victoria II section.

de ser dividida en Miembro Inferior (Brecha Los Cayos) y Miembro Superior (Calcarenita). El Miembro Inferior está constituido por una brecha poligénica con fragmentos de la serie Maastrichtense, formada por una ritmita calcárea con estructuras de corriente, entre las que se intercalan niveles de silexitas. La brecha tiene una potencia de unos 400 m y contiene bloques y fragmentos de estratos de tamaño métrico de la formación infrayacente, así como cantos blandos y fragmentos de rocas más pequeños. Asimismo, aparecen fragmentos de rocas volcánicas y metamórficas. El Miembro Superior está constituido por una calcarenita cuyo tamaño de grano disminuye gradualmente hasta llegar a ser una calcilutita. La potencia de este miembro es de casi 400 m y en su parte inferior y media se observan grandes estructuras columnares de escape de agua. La Formación Cacarajícara reposa discordantemente sobre diferentes formaciones del Cretácico y su límite superior puede ser erosivo o discordante con las formaciones Ancón y Manacas del Paleógeno. La Formación Cacarajícara fue atribuida al Maastrichtense por Pszczolkowski (1986), basándose en su posición estratigráfica y en los fósiles resedimentados más recientes encontrados en el Miembro Superior.

La Formación Moncada también se sitúa en el dominio paleogeográfico del talud continental de Yucatán, pero es mucho menos potente que Cacarajícara. Consiste en 2 m de arenisca con una alternancia de capas

mas potentes de grano medio a grueso con otras de tamaño más fino y color más oscuro. Estas tienen laminación cruzada, mientras que las capas más potentes tienen laminación paralela o son masivas. Esta formación tiene un tamaño y unas características similares a los cortes mexicanos de La Ceiba (Arz *et al.*, 2001) y El Tecolote (Soria *et al.*, 2001), constituyendo un sedimento de flujo de gravedad generado por el impacto en Yucatán.

Las formaciones de Peñalver y Cacarajícara tienen un origen sedimentológico parecido, ya que también fueron generadas como consecuencia del impacto meteorítico del límite K/T en la cercana península de Yucatán. Sin embargo, en este caso el flujo de gravedad afectó a todo el margen de la plataforma, arrastrando a su paso sedimentos en relieve del talud de edades anteriores, muy probablemente hasta del Jurásico; así como, materiales volcánicos y metamórficos del arco volcánico y ofiolitas. Estas potentes formaciones constituyen un evento único, derivado de la inestabilidad generada en el margen. Fueron depositadas en un corto intervalo de tiempo, posiblemente días para las brechas, y semanas para las calcarenitas y calcilutitas, lo cual contradice la polémica teoría de múltiples eventos propuesta por Stinnesbeck *et al.* (2000).

Micropaleontología

La datación precisa de los depósitos asociados al evento de impacto debería

realizarse estudiando las formaciones infra y suprayacentes a Peñalver, Cacarajícara y Moncada, que son las que contienen foraminíferos planctónicos autóctonos. Pszczolkowski (1994) asignó una edad Maastrichtense superior para la Formación Cacarajícara, en base a la presencia de *Abathomphalus mayaroensis*, aunque estos ejemplares son probablemente reelaborados. Recientemente, Kiyokawa *et al.* (2000) han propuesto una edad límite K/T para esta formación, dada la ausencia de fósiles terciarios. Además, relacionan su génesis con el impacto de Chicxulub al encontrar cuarzos de choque dentro de esta formación. Evidencias de impacto similares han sido descubiertas en la Formación Moncada (Nakano *et al.*, 2000) y en la Formación Peñalver (Takayama *et al.* 2000). Estos últimos autores estimaron que la Formación Peñalver tenía una edad de entre 65.4 a 65.0 Ma, al contener ejemplares de *A. mayaroensis* y del nanofosil calcáreo *Micula prinsii*.

Las asociaciones de foraminíferos planctónicos identificadas a techo de la Formación Peñalver parecen confirmar la edad K/T propuesta previamente. En la datación de estas formaciones megaturbidíticas debe tenerse en cuenta el carácter reelaborado de los ejemplares («cocktail» del límite K/T según por Bralower *et al.*, 1998 Díaz-Otero *et al.*, 2000). Las especies identificadas tienen una edad que varía desde el Albiense al Maastrichtense superior, sugiriendo procesos de reelaboración y mezcla tafonómica. Destaca la ausencia de foraminíferos terciarios, incluso en las margas grises o blancas de la parte superior de la Formación Peñalver, las cuales habían sido atribuidas erróneamente por Takayama *et al.* (2000) a la Formación Apolo del Paleoceno. La presencia de ejemplares reelaborados del Maastrichtense superior y la ausencia de ejemplares terciarios indican una edad K/T para la Formación Peñalver y su equivalente Formación Cacarajícara.

El estudio detallado de las asociaciones de foraminíferos planctónicos de las formaciones infra y suprayacentes nos ha permitido acotar el intervalo de tiempo en el que se depositaron las formaciones megaturbidíticas de Cuba. Las asociaciones más altas de la Formación Vía blanca en los cortes de la localidad tipo de Peñalver y de Santa Isabel contienen las siguientes especies: *Heterohelix pulchra*, *H. planata*, *H. globulosa*, *H. navarroensis*, *H. punctulata*, *H. glabrans*, *H. labelliosa*, *Pseudotextularia nuttalli*, *P. elegans*, *P. intermedia*, *Pseudoguembelina kempensis*, *P. palpebra*, *P. costulata*, *P.*

excolata, *P. hariaensis*, *Planoglobulina acervulinoides*, *P. carseyae*, *Gublerina acuta*, *G. cuvillieri*, *Racemiguembelina fructifera*, *R. powelli*, *Hedbergella mon-mouthensis*, *H. holmdelensis*, *Globigerinelloides rosebudensis*, *G. prairiehillensis*, *G. volutus*, *G. yaucoensis*, *G. subcarinatus*, *Globotruncanella havanensis*, *G. petaloida*, *G. pschadae*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Plummerita hantkeninoides*, *R. rugosa*, *R. hexacamerata*, *R. rotundata*, *R. pennyi*, *R. scotti*, *R. macrocephala*, *Globotruncana arca*, *G. aegyptiaca*, *G. rosetta*, *G. mariei*, *Globotruncanita stuarti*, *G. stuartiformis*, *G. insignis*, *G. fareedi*, *G. dupeublei*, *Contusotruncana contusa*, *Gansserina gansseri*, *Contusotruncana patelliformis* y *Abathomphalus mayaroensis*. Estas asociaciones pertenecen a la Biozona de *P. hantkeninoides*, marcadora de los últimos 200.000 años del Cretácico (ver Arz *et al.*, 2001). Esta nueva datación constituye un avance bioestratigráfico importante en Cuba ya que, hasta el momento, la edad propuesta con foraminíferos planctónicos para el techo de la Formación Vía Blanca era de Campaniense-Maastrichtiense inferior (Bronnimann y Rigassi, 1963). Teniendo en cuenta que la parte alta de esta formación suele estar erosionada por los sedimentos de impacto, la presencia de *P. hantkeninoides* en la parte superior de la Formación Vía Blanca confirma la hipótesis de que el límite K/T se sitúe en la base de la Formación Peñalver.

Hasta el momento no se ha podido identificar el Daniense en los cortes de Peñalver, Santa Isabel y Minas. Tal como sugieren Takayama *et al.* (2000), en los alrededores de La Habana parece existir sobre la Formación Peñalver un hiato que afecta al menos al Daniense y probablemente al Selandiense. Esta discontinuidad se ha puesto de manifiesto en el corte de La Yuca. Sobre la brecha de la Formación Peñalver se encuentran una serie de margas y margocalizas en las que han aparecido las siguientes especies: *Morozovella angulata*, *M. conicotruncata*, *M. velascoensis*, *M. acuta*, *M. lacerti*, *M. simulatilis*, *M. crosswicksensis*, *M. occlusa*, *Acarinina pseudotopilensis*, *A. triplex*, *A. strabocella*, *A. wilcoxensis*, *A. apantesma*, *Muricoglobigerina soldadoensis*, *Igorina pusilla*, *I. albeari*, *Luterbacheria pseudomenardii*, *Globanomalina chapmani*, *G. luxorensis*, *Subbotina eoaceniaca*, *S. triangularis*, *S. velascoensis*, *S. finlayi*, *S. hornibrooki*, *Chiloguembelina midyawensis*, *Ch. wilcoxensis* y *Ch. crinita*. Estas asociaciones pertenecen a la Biozona de *Luterbacheria pseudomenardii* (=P4) del Paleoceno superior.

Conclusiones

Las características sedimentológicas de las Formaciones Peñalver y Cacarajicara sugieren el emplazamiento de una megaturbidita de enormes dimensiones, cuyas características litológicas son diferentes según el dominio paleogeográfico donde se depositaron, cerca de la península de Yucatán donde ocurrió el impacto meteorítico. La Formación Cacarajicara es la que presenta una brecha más desarrollada y tiene una potencia de casi 800 m y la Formación Peñalver tiene una potencia de casi 180 m. La Formación Moncada es la menos potente y está compuesta de 2 m de calcarenitas. Las formaciones Peñalver y Cacarajicara son enormes megaturbiditas derivadas del colapso del margen de la plataforma y formadas por sedimentos de flujos de gravedad que erosionaron sedimentos al menos desde el Albiense hasta el Maastrichtiense Superior, por lo que contienen asociaciones mezcladas de microfósiles reelaborados. En este trabajo han sido datadas principalmente por las asociaciones de foraminíferos planctónicos de los sedimentos infra-yacentes de la Formación Vía Blanca, cuyo techo pertenece a la Biozona de *P. hantkeninoides* (Maastrichtiense superior). Esta datación junto con la ausencia de especies terciarias en la Formación Peñalver sugiere una edad K/T para todas las formaciones clásticas y megaturbidíticas del tránsito K-T de Cuba. La cronostratigrafía de estas formaciones ha sido revisada y, según la definición del límite K/T establecida en el corte de El Kef (Tunicia), el límite K/T debe ser colocado en la base de estas formaciones. Los sedimentos de las formaciones Peñalver, Cacarajicara y Moncada pueden correlacionarse con la Unidad Clástica identificada en cortes de todo el Golfo de México. Los datos de tipo sedimentológico y micropaleontológico sugieren que estas formaciones del NO de Cuba se formaron, en un intervalo de tiempo muy corto, como consecuencia del impacto meteorítico del límite K/T en la península de Yucatán.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto BTE-2001-1809 del Ministerio de Educación y Tecnología español y el Proyecto UZ2001-CIEN-01 de la Universidad de Zaragoza. Asimismo, agradecemos el apoyo prestado por el Instituto de Geología y Paleontología y por el Museo Nacional de Historia Natural de Cuba.

Bibliografía

Arenillas, I., Arz, J.A., Molina, E. & Dupuis, C. (2000): *Micropaleontology*, 46(1), 31-49.
Arz, J.A., Arenillas, J.I. Soria, A.R., Alegret,

L., Grajales, J.M., Liesa, C.L., Meléndez, A., Molina, E. & Rosales, M.C. (2001): *Journal of South American Earth Sciences*, 14, 505-519.
Bohor, B. F. & Seitz, R. (1990): *Nature*, 344, 593.
Bralower, T.J., Paull, C.K. & Leckie, R.M. (1998): *Geology*, 26, 331-334.
Bronnimann, P. & Rigassi, D. (1963): *Eclogae geologicae Helvetiae*, 56, 193-480.
Díaz-Otero, C., Iturralde-Vinent, M. & García-Delgado, D. (2000): *L P I Contribution*, 1053, 37.
García-Delgado, D., Rojas-Consuegra, R., Díaz-Otero, C. Tada, R. & Iturralde-Vinent, M. (2001): *IV Cuban Geological and Mining Congress*, 1-21.
Grajales-Nishimura, J.M., Cedillo-Pardo, E., Rosales-Domínguez, C., Morán-Zenteno, D.J., Alvarez, W., Claeys, Ph., Ruíz-Morales, J., García-Henández, J., Padilla-Ávila, P. y Sánchez-Ríos, A. (2000): *Geology*, 28 (4): 307-310.
Hildebrand, A.R., Penfield, G.T. Kring, D.A. Pilkington, M. Camargo, A., Jacobsen, S.B. & Boynton, W.V. (1991): *Geology*, 19, 867-871.
Iturralde-Vinent, M.A. (1992): *Earth and Planetary Science Letters*, 109, 225-228.
Kiyokawa, S., Tada, R., Oji, T., Tajika, E., Nakano, Y., Goto, G., Yamamoto, K., Rojas, R., García, D., Iturralde-Vinent, M.A., D. y Matsui, T. (2000). *LPI Contribution*, 1053, 100-101.
Molina, E., Arenillas, J.I. & Arz, J.A. (1998): *Bulletin de la Société géologique de France*, 169 (3), 351-363.
Nakano, Y., Tada, R., Kamata, T., Tajika, E., Oji, T., Kiyokawa, S., Takayama, H., Goto, G., Yamamoto, K., García, D., Rojas, R., Iturralde-Vinent, M.A. y Matsui, T. (2000). *LPD Contribution*, 1053, 148-149.
Pszczólkowski, A. (1986): *Bulletin of the Polish Academy of Earth Sciences*, 34, 81-93.
Pszczólkowski, A. (1994): *Studia Geologica Polonica*, 105, 39-66.
Rojas, R. Iturralde-Vinent, M. & Skelton, P. (1995). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 12(2), 272-291.
Rojas-Consuegra, R. (2001). *Geotemas*, 1(2), 355-358.
Soria, A.R., Liesa, C.L., Mata, M.P., Arz, J.A., Alegret, L., Arenillas, J.I. & Meléndez, A. (2001): *Geology*, 29(3), 231-234.
Stinnesbeck, W., Keller, G., Adatte, T., López-Oliva, G., Cruz, J. & León, C. (2000): *Zeitschrift für Angewandte Geologie, Sonderheft SH1*, 109-116.
Takayama, H., Tada, R., Matsui, T., Iturralde-Vinent, M.A., Oji, T. Tajika, E., Kiyokawa, S. García, D. Okada, H., Hasegawa, T. & Toyoda, K. (2000): *Sedimentary Geology*, 135, 295-320.