

PRESENCIA DEL ICNOGÉNERO *Teredolites* EN UN MEGA-BLOQUE DE LA FORMACIÓN PEÑALVER, LÍMITE CRETÁCICO–PALEÓGENO (K/Pg), CUBA OCCIDENTAL

Jorge VILLEGAS MARTÍN¹ y Reinaldo ROJAS-CONSUEGRA²

¹ Subdirección Colecciones Zoológicas, Instituto Ecología y Sistemática. Carretera de Varona km. 3¹/₂, Capdevila, Boyeros, A.P. 8029 C.P. 10800, Ciudad de La Habana, Cuba. Emails: villegas@ecologia.cu, jorge24@argentina.com

² Museo Nacional de Historia Natural, Cuba. Obispo 61, Habana Vieja, Ciudad de la Habana, Cuba.

Villegas Martín, J. & Rojas-Consuegra, R. 2011. Presencia del icnogénero *Teredolites* en un megabloque de la Formación Peñalver, límite Cretácico–Paleógeno (K/Pg), Cuba occidental. [Occurrence of the ichnogenus *Teredolites* in a megablock of the Peñalver Formation, Cretaceous–Paleogene boundary (K/Pg), Western Cuba.] *Revista Española de Paleontología*, **26** (1), 45-52. ISSN 0213-6937.

ABSTRACT

The presence of wood borings in Cuba is herein for the first time documented. They are present in a megablocks made up by sandstones and lutites included in the Cretaceous–Paleogene boundary (K/Pg) deposits of the Peñalver Formation. Two types of borings have been identified, which are attributed to the ichnospecies *Teredolites clavatus* and *Teredolites longissimus*. Both ichnotaxa were created by mechanic bioerosion and by the action of xylophagous bivalves. Shells of bivalves are abundant in the sample, but they do not correspond to the trace-maker of *Teredolites*. Megablocks as the one with the borings range in size from a few to dozens of meters, and were emplaced in the basin as olistolithes. The siliclastic sequence containing the wood with *Teredolites* and the mollusc body fossils can be interpreted as tempestite deposits formed in an open basin. Some fossil elements seem to come from the inner platform as rocks in the same sequential and facial situation bear abundant orbitoidid macroforams. Vegetal remains strongly indicate the presence of nearby emerged lands. This last hypothesis is supported by the presence in the same outcrop of conglomerates of volcanomitic composition. The origin of these olistostromic deposits can be related with the collapse of the Cuban platform edge during the origin of K/Pg deposits, as result of the seismic impact derived from the Chicxulub site (Yucatan).

Keywords: Western Cuba, ichnology, *Teredolites*, bivalves, K/Pg deposits.

RESUMEN

Se da a conocer la presencia de perforaciones realizadas en madera presentes en un megabloque de areniscas y lutitas, que forma parte de la Formación Peñalver, en los depósitos del límite Cretácico–Paleógeno K/Pg. Han sido identificadas dos tipos de perforaciones, atribuidas a dos icnoespecies: *Teredolites clavatus* y *Teredolites longissimus*. Ambas se originan por un mecanismo de bioerosión mecánica y se atribuyen a la acción de moluscos bivalvos xilófagos. En la muestra se presentan abundantes restos de bivalvos, sin embargo no parecen ser los productores de las icnoespecies anteriores. Los megabloques como el que contiene las perforaciones tienen tamaños que varían desde unos metros hasta varias decenas, y se emplazaron en la cuenca en forma de olistolitos. Esta secuencia siliciclástica con los *Teredolites* y moluscos, podría estar relacionada con depósitos de tempestitas; sedimentadas en una cuenca abierta. A esta cuenca, llegarían aportes de la plataforma interna, ya que contiene rocas formadas casi exclusivamente por macroforaminíferos orbitoididos, en la misma situación facial y secuencial. Los restos vegetales indican la existencia muy probable de tierras emergidas, hipótesis que se ve reforzada por existencia en el mismo afloramiento de conglomerados de composición vulcanomítica. El origen de estos depósitos pudiera estar relacionado con el colapso del margen de la plataforma cubana mastrichtiense, inducido por el golpe sísmico resultado del impacto meteorítico de Chicxulub (Península de Yucatán).

Palabras claves: Cuba occidental, icnología, *Teredolites*, bivalvos, depósitos K/Pg.

INTRODUCCIÓN

Los depósitos del límite Cretácico-Paleógeno (K/Pg), han sido estudiados en detalle en Cuba durante la última década, lográndose un alto grado de conocimiento en varios aspectos: distribución estratigráfica de las unidades geológicas, rasgos sedimentológicos, variaciones faciales verticales y horizontales, composición petrológica, mineralógica y geoquímica, presencia de distintos tipos de materiales relacionados con el impacto meteorítico del límite K/Pg; a saber, cuarzo de choque, vidrio vesicular, esférulas, microfósiles guías finicretácicos, entre otros (Takayama *et al.*, 2000; Kiyokawa *et al.*, 2002; Tada *et al.*, 2002, 2004; Alegret *et al.*, 2005; Goto *et al.*, 2008; Yamamoto *et al.*, 2010). Una de las unidades litoestratigráficas mejor conocida en el occidente de Cuba, dentro de los depósitos del K/Pg, es la Formación Peñalver (Brönnimann & Rigassi, 1963).

El material estudiado en este artículo procede de la cantera “Victoria I”, ubicada al sureste de ciudad de La Habana (Hoja topográfica ICGC 3785-II, coordenadas: x- 376 747; y- 260 267). En este afloramiento, la parte basal de la Fm. Peñalver, está constituida por un microconglomerado calcáreo, que contiene una fracción variable de clastos vulcanomícticos bien redondeados, además de grandes bloques de otras rocas que alcanzan varios metros de tamaño. Precisamente, en uno de estos megabloques, constituidos básicamente por areniscas y lutitas carbonosas, se han encontrado las estructuras bioerosivas estudiadas. Éstas han sido atribuidas al icnogénero *Teredolites* Leymerie, 1842, y constituyen la primera cita para Cuba.

MARCO GEOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO

El territorio cubano actual, representa un cinturón plegado, adosado al margen meridional del continente norteamericano, y exhibe una complicada constitución geológica; consolidada a través de una no menos compleja evolución paleogeográfica (Iturralde-Vinent, 1998, 2004; Kerr *et al.*, 1999).

Formación Peñalver

La Fm. Peñalver corresponde a los depósitos del límite K/Pg, originados sobre el territorio que ocupaba el arco volcánico cretácico extinto y las cuencas de *piggy back*, en Cuba occidental (Iturralde-Vinent, 1998, 2004). Esta unidad exhibe una amplia distribución desde los límites entre las provincias de Pinar del Río y La Habana, hasta la parte central de la provincia de Matanzas.

En la localidad tipo de la Fm. Peñalver (Brönnimann & Rigassi, 1963), su espesor es de aproximadamente 180 m. Esta unidad ha sido subdividida en cinco miembros (Tada

et al., 2002): Miembros basal, inferior, medio, superior y alto, basados en sus litofacies.

El Miembro basal consiste en calcirruditas masivas, pobremente seleccionadas, con una matriz granosoportada, que contiene abundantes macrofósiles indicativos de un ambiente marino somero, litoclastos del substrato volcánico e intraclastos grandes de la unidad subyacente, pertenecientes a la Fm. Via Blanca (Brönnimann & Rigassi, 1963) de edad Maastrichtiense (Iturralde-Vinent, 1992; Díaz-Otero *et al.*, 2003).

Los miembros inferior, medio y superior constituyen una secuencia granodecreciente de calcarenitas masivas y calcilitas, comparables a una homogenita (*homogenite* según Kastens & Cita, 1981) y litológicamente similares a los depósitos de tsunamis descritos en el Mediterráneo (Takayama *et al.*, 2000; Tada *et al.*, 2002). El miembro más alto consiste de calcilitas grises masivas, que raramente contienen clastos angulares de menos de un centímetro de diámetro. No ha sido evidenciada bioturbación alguna en este miembro (Takayama *et al.*, 2000).

Localidad del hallazgo “Cantera Victoria I”

De esta localidad (Fig. 1) se recuperaron las estructuras estudiadas. El lugar es una amplia cantera, donde se observa principalmente el Miembro basal de la Fm. Pe-

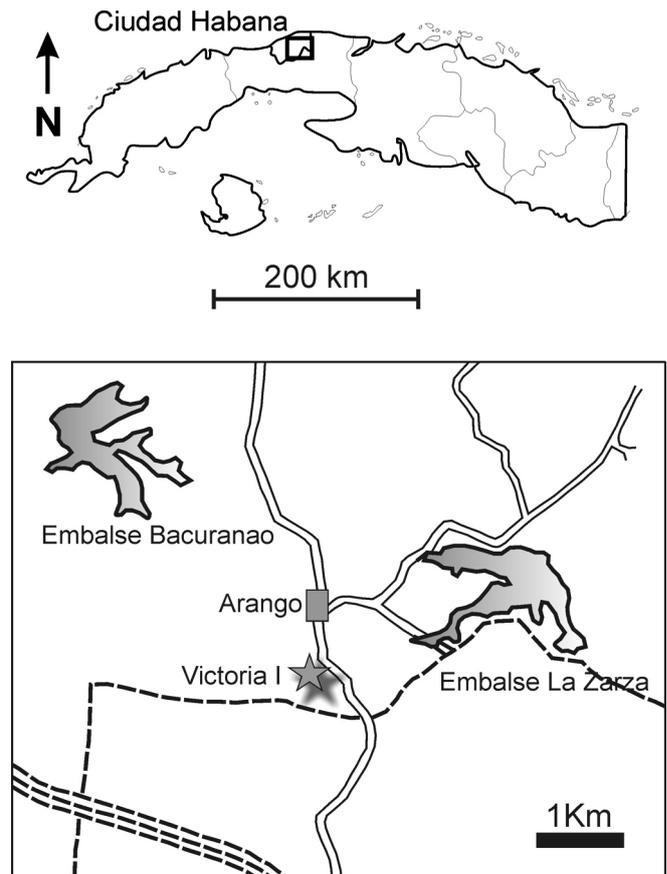


Figura 1. Localidad de procedencia del material
Situation of the studies locality.

ñalver, constituido por un microconglomerado calcáreo, pero con un aporte destacado de material vulcanomítico, redondeado y bien seleccionado. Es muy notable la presencia de megabloques de hasta más de 10 m de longitud depositados de forma alóctona.

Las estructuras bioerosivas estudiadas aparecen en uno de los megabloques incluidos en la secuencia del Miembro basal de la unidad. El bloque se encuentra en posición invertida, según se deduce por las estructuras sedimentarias que presenta, con un tamaño visible de más de dos metros de alto por unos cinco metros de largo (Fig. 2). Este está compuesto por una secuencia de areniscas y areniscas arcillosas de grano fino hasta lutitas, carbonosas, de color gris oscuro. Las capas presentan estratificación paralela y cruzada. En algunos planos y grietas se observan restos de petróleo, más o menos consolidados, y también, algunos núcleos de sulfuros diseminados. Abundan los fragmentos y restos vegetales pequeños, carbonizados y diseminados en el interior de las capas (Fig. 3). También aparecen escasos fragmentos de madera mayores, entre 2 y 5 cm de

tamaño. Entre ellos apareció un fragmento, carbonizado, de unos 3 cm de ancho, por unos 5 cm de longitud, donde se distinguen nítidamente las perforaciones fósiles; aun cuando su consistencia es muy delicada debida a la alta fragilidad de las estructuras conservadas.

En general, son escasas las localidades donde se han citado restos vegetales carbonizados en los depósitos del K/Pg cubano; entre ellas se puede mencionar la cantera de Jesús María, al sur del poblado Cidra, en la provincia de Matanzas (Goto *et al.*, 2008), y en la cantera de Minas al este de La Habana (Rojas-Consuegra & Núñez-Cambra, 2007).

En algunos niveles del megabloque con *Teredolites*, son abundantes los restos de conchas de moluscos bivalvos (Fig. 4), aún no identificados, tanto enteras como fragmentadas en diferentes grados (Rojas-Consuegra *et al.*, 2005b). La fragmentación es elevada, donde los restos de las valvas, están diseminados caóticamente en las superficies de estratificación.

En otros niveles, las conchas están totalmente desarticuladas, aunque bastante completas. Generalmente, la po-



Figura 2. Megabloque (invertido), incluido en la secuencia que compone el Miembro inferior de la Fm. Peñalver en la Cantera Victoria I (flecha). Escala 1m.

Megablock (reversed) included in the lower member of the Peñalver Formation at Cantera Victoria I (arrow). Scale 1m.

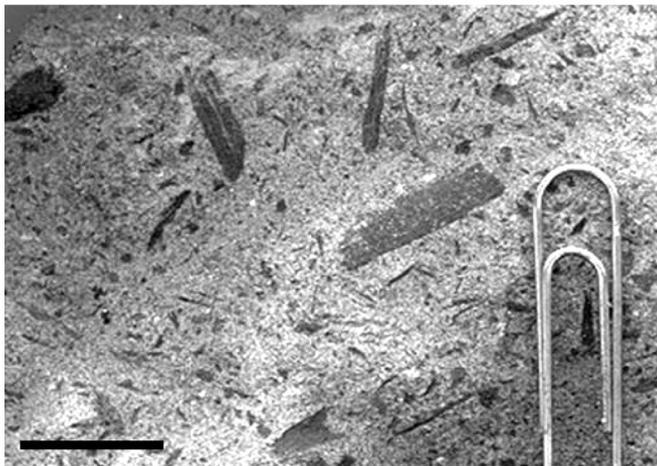


Figura 3. Restos vegetales carbonizados conservados entre lutitas arenosas en un bloque aloctóno en la Cantera Victoria-I, La Habana. Escala 1 cm.
Carbonized vegetal remains preserved within sandy lutites in an alloctonous block at Cantera Victoria-I, La Habana. Scale 1 cm.

sición de las valvas es semejante, dispuestas con su cara cóncava orientada hacia abajo. Estos restos de bivalvos presentan bordes angulosos, por lo que la acumulación de las conchas en esta posición, pudo haber ocurrido mediante un transporte tempestítico, dentro de un flujo de alta densidad que llevara las valvas en suspensión, en la posición de máxima estabilidad hidrodinámica (Mayoral com. pers., 2009).

Desde el punto de vista tafonómico, además de la deducción del transporte en el medio deposicional, por la ocurrencia de fragmentación y partición, ocurridos en la etapa bioestratigráfica, es posible apreciar que la composición de las conchas ha sido afectada por una significativa descalcificación durante la fase fosildiagenética.

Es de señalar, que las litofacies e icnofósiles que aparecen en la cantera “Victoria I”, y descritas en el presente trabajo, no son conocidas dentro de las secuencias afloradas correspondientes a las unidades campaniense-maastrichtienses en la región occidental de Cuba. No obstante, la presencia común de foraminíferos orbitoidales grandes, índices [*Omphalocyclus macroporus* (Lamarck, 1816) y *Orbitoides apiculata* Schlumberger, 1902] en estas secuencias, determinan la edad Maastrichtiense superior para el megabloque estudiado.

ICNOTAXONOMÍA

ICNOGÉNERO *Teredolites* Leymerie, 1842

Diagnosis: Perforaciones en forma de maza o porra en substratos de madera con sección transversal más o me-

nos circulares, disminuyendo en diámetro hacia la apertura (Kelly & Bromley, 1984).

Observaciones: Este icnogénero puede ser confundido morfológicamente con *Gastrochaenolites* Leymerie, 1842, sin embargo ambos pueden ser diferenciados por las características del substrato sobre el cual se encuentran, *Gastrochaenolites* aparece en substratos líticos o esqueletos minerales, mientras que *Teredolites* es exclusivo de substratos lignícos (Leymerie, 1842; Kelly & Bromley, 1984).

ICNOESPECIE *Teredolites clavatus* Leymerie, 1842

Figura 4

Material: Muestra (MNHNCu-96.000038) de madera carbonizada en roca, la cual contiene los ejemplares correspondientes a esta icnoespecie. Se encuentra depositada en la colección paleontológica del Museo Nacional de Historia Natural, Cuba.

Descripción: Es la icnoespecie más abundante en la muestra. Las perforaciones presentan el eje dispuesto en la mayoría de los casos, de forma perpendicular a las fibras de la madera, con una trayectoria de recta a ligeramente inclinada. Son de cónicas a subcilíndricas. En sección transversal, se observan morfologías irregulares a subcirculares. Presentan un diámetro máximo variable, que oscila de 0,1-0,6 cm, predominando el de 0,3 cm. Se conservan como moldes internos y presentan un relleno pasivo de arenisca de grano fino, semejante a la matriz, pero de color más claro. Todas las perforaciones pertenecientes a esta icnoespecie se encuentran muy próximas entre sí, lo que evidencia un alto grado de empaquetamiento y un máximo aprovechamiento del substrato disponible, característica ésta que ya fue reconocida por Ferrer & Gibert (2005). Se localizan en un extremo del cuerpo principal del tronco y en ningún caso se cortan unas con otras.

ICNOESPECIE *Teredolites longissimus*

Kelly & Bromley, 1984

Figura 4

Material: Muestra (MNHNCu-96.000038) de madera carbonizada en roca, la cual contiene los ejemplares correspondientes a esta icnoespecie. Se encuentra depositada en la colección paleontológica del Museo Nacional de Historia Natural, Cuba.

Descripción: *Teredolites* de mayor longitud que *T. clavatus*. Las perforaciones presentan el eje dispuesto paralelo a las fibras de la madera, con una trayectoria de recta a sinuosa. Son cilíndricas con sección transversal subcircular. Los ejemplares muestran una longitud de 1,9 a 3,1 cm, con un diámetro máximo de 0,5 cm.



Figura 4. Perforaciones correspondientes al icnogénero *Teredolites* Leymerie, 1842. *Teredolites longissimus* Kelly & Bromley, 1984 (Flecha blanca) y *Teredolites clavatus* Leymerie, 1842 (Flecha negra). Escala 1 cm.

Borings corresponding to the ichnogenus Teredolites Leymerie, 1842. Teredolites longissimus Kelly & Bromley, 1984 (white arrow) and Teredolites clavatus Leymerie, 1842 (black arrow). Scale 1 cm.

Las perforaciones pertenecientes a esta icnoespecie presentan un relleno pasivo de arenisca de grano fino, semejante a la matriz. Se conservan como moldes internos y presentan la pared externa con un recubrimiento calcáreo muy fino.

Observaciones: El recubrimiento calcáreo fino presente en ambas icnoespecies, coincide con lo planteado por Kelly & Bromley (1984), aunque también puede estar ausente (Ferrer & Gibert, 2005).

PALEOBIOLOGÍA

El icnogénero *Teredolites* se conoce desde el Jurásico (Schlirf, 2003; Vahldiek & Schweigert, 2007). Se ori-

gina por un mecanismo de bioerosión mecánica (Ferrer & Gibert, 2005), y al igual que *Gastrochaenolites*, se debe a la acción perforante de moluscos bivalvos (Kelly & Bromley, 1984). En la muestra estudiada aparecen moluscos bivalvos, pero no parecen haber sido los productores de los icnotaxones identificados; a juzgar por su tamaño en comparación con las estructuras bioerosivas.

La icnoespecie *T. clavatus*, según Kelly & Bromley (1984), presenta marcadas similitudes con las perforaciones actuales de bivalvos producidas por el pholadido *Martesia* Sowerby, 1824. También hacen referencia a la similitud de *T. longissimus* con las perforaciones del teredinido *Teredo* Linnaeus, 1758, y además, exponen que quizás los juveniles de esta familia originen perforaciones morfológicamente parecidas a *T. clavatus*.

IMPLICACIONES ESTRATIGRÁFICAS Y PALEO GEOGRÁFICAS

En Cuba se ha demostrado que existen amplios depósitos originados durante los procesos relacionados con el impacto de Chicxulub, México (Takayama *et al.*, 2000; Kiyokawa *et al.*, 2002; Tada *et al.*, 2002, 2004; Alegret *et al.*, 2005; Goto *et al.*, 2008; Yamamoto *et al.*, 2010). Estos depósitos del K/Pg contienen abundantes elementos fósiles reelaborados de rudistas, ostreidos, gasterópodos, equinodermos y otros (ej. Fm. Peñalver), procedentes de la destrucción mecánica de una plataforma carbonatada que existió al final del Maastrichtiense en la región occidental (Pszczolkowski, 1986; Iturralde-Vinent, 1992; Rojas-Consuegra, 2000). Se han encontrado foraminíferos indicadores de los últimos 200 mil años del Maastrichtiense (Díaz-Otero *et al.*, 2003).

Además, ha sido descubierto vidrio vesicular alterado de impacto, y existe cuarzo de choque, en toda la formación (Takayama *et al.*, 2000; Tada *et al.*, 2002).

Las evidencias mencionadas sugieren que la unidad tiene relación genética con el impacto del K/Pg. El origen de la unidad estuvo relacionado con la acción de flujos detríticos gravitacionales, producidos por sismos y tsunamis al final del Maastrichtiense, inducidos por el impacto meteorítico de Chicxulub en la península de Yucatán, México (Tada *et al.*, 2004; Goto *et al.*, 2008).

Las secuencias basales en los depósitos del K/Pg contienen, en varias localidades y diferentes unidades, un abundante material clástico, que comprende bloques con tamaños que varían desde varios metros hasta decenas de metros, y mayores (Takayama *et al.*, 2000; Tada *et al.*, 2004; Goto *et al.*, 2008). En algunos casos, como en la sección de Loma Capiro en Santa Clara, Cuba central, están relacionados con deslizamientos submarinos sinsedimentarios o *slumps* (Alegret *et al.*, 2005; Rojas-Consuegra *et al.*, 2005a; Núñez-Cambra & Rojas-Consuegra, 2007).

En la localidad de estudio, el abundante aporte vulcanoclástico señala al arco volcánico cretácico cubano, como una de las fuentes de aporte de materiales a la cuenca sedimentaria (Rojas-Consuegra *et al.*, 2005b). Takayama *et al.* (2000) interpretan el Miembro inferior de la Fm. Peñalver como resultado de un depósito de un flujo de granos, disparado por el choque de las ondas sísmicas en el arco volcánico cubano y su cobertura sedimentaria, durante el impacto del Chicxulub, Yucatán. Para la Fm. Peñalver, en la localidad tipo, se ha calculado una profundidad de depósito de 600 a 2000 m, según la relación foraminíferos planctónicos vs. bentónicos (Bronnimann & Rigassi, 1963).

Los megabloques, con dimensiones como el que contiene los *Teredolites*, debieron desplazarse a través del fondo de la cuenca, en forma de grandes olistolitos, lubricados por el material litoclástico menos grueso, generado en forma de voluminosos flujos residuales submarinos.

Esta secuencia siliciclástica con los *Teredolites* y moluscos, con estratificación cruzada, pudo haber tenido su origen en relación con la acción episódica de corrientes de tracción temporales; depositadas en una cuenca abierta, donde llegaría el aporte desde la plataforma interna, que contiene los grandes foraminíferos orbitoididos en contextos faciales y secuenciales semejantes (Alfonso Meléndez, com. pers., 2004).

Los restos de maderas hallados implican la existencia de tierras emergidas, lo cual se ve también apoyado por la presencia de conglomerados de composición vulcanomítica en este mismo afloramiento. Estudios específicos de los vegetales (incluido polen y esporas) pudieran aportar nuevos elementos sobre el paleoambiente aquí deducido.

CONCLUSIONES

Se citan por primera vez para Cuba estructuras de bioerosión en madera, atribuidas a dos icnoespecies pertenecientes al icnogénero *Teredolites* (*T. clavatus* y *T. longissimus*), contenidas en un megabloque dentro de los depósitos del límite Cretácico-Paleógeno (K/Pg), en la Fm. Peñalver. El icnogénero *Teredolites* se origina por un mecanismo de bioerosión mecánica y se debe a la acción perforante de moluscos bivalvos. Aunque en el material estudiado aparecen conchas de estos organismos, a juzgar por su tamaño, no parecen haber sido los responsables de los icnotaxones identificados.

Las facies siliciclásticas descritas, donde están contenidas las icnoespecies estudiadas, no son conocidas en afloramientos de la Fm. Peñalver, y se interpretan como los depósitos formados como consecuencia del colapso del margen de la plataforma cubana maastrichtiense, inducido por el golpe sísmico resultado del impacto meteorítico de Chicxulub (Península de Yucatán, México).

Los megabloques como el que contiene las perforaciones, debieron desplazarse a través del fondo de la cuenca, en forma de grandes olistolitos, lubricados por el material litoclástico menos grueso, generado en forma de voluminosos flujos residuales submarinos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al investigador Gilberto Silva Tafoada del Museo Nacional de Historia Natural por su revisión y observaciones favorables del manuscrito. A los revisores Dr. Jordi M. de Gibert y Dr. Eduardo Mayoral, cuyos comentarios ayudaron a mejorar la versión final de este artículo. El siguiente trabajo es una contribución al proyecto "Paleobiota y bioeventos en Cuba: herencia de la Tierra y Patrimonio natural", de la Agencia de Medio Ambiente (CITMA).

BIBLIOGRAFÍA

- Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Díaz, C., Grajales-Nishimura, M., Meléndez, A., Molina, E., Rojas, R. & Soria, A. R. 2005. Cretaceous-Paleogene boundary deposits at Loma Capiro: evidence for the Chicxulub impact. *Geology*, **33**, 721-724.
- Brönnimann, P. & Rigassi, D. 1963. Contribution to the geology and paleontology of the area of the city of La Habana, Cuba and its surroundings. *Eclogae Geologicae Helveticae*, **56**, 193-430.
- Díaz-Otero, C., Arz, J. A., Arenillas, I., Molina, E. & Corona, N. 2003. Nuevas consideraciones sobre la edad de la Formación Vía Blanca. *Memorias, trabajos y resúmenes, V Congreso Cubano de Geología y Minería: Geominería 2003, La Habana*, CD-ROM, 109-115.
- Ferrer, O. & Gibert, J. M. de. 2005. Presencia de *Teredolites* en la formación Arcilla de Morella (Cretácico Inferior, Castellón). *Revista Española de Paleontología*, N.E. **X**, 39-47.
- Goto, K., Tada, R., Tajika, E., Iturralde-Vinent, M. A., Matsui, T., Yamamoto, S., Nakano, Y., Oji, T., Kiyokawa, S., García, D., Otero, C. & Rojas, R. 2008. Lateral lithological and compositional variations of the Cretaceous/Tertiary deep-sea tsunami deposit in northwestern Cuba. *Cretaceous Research*, **29**, 217-236.
- Iturralde-Vinent, M. A. 1992. A short note on the Cuban late Maastrichtian megaturbidite (an impact derived deposit?). *Earth Planet*, **109**, 225-228.
- Iturralde-Vinent, M. A. 1998. Sinopsis de la constitución geológica de Cuba. *Acta Geológica Hispánica*, **33**, 9-56.
- Iturralde-Vinent, M. A. (Ed.). 2004. *Origen y evolución del Caribe y sus biotas marinas y terrestres*. Centro Nacional de Información Geológica. Instituto Geología y Paleontología (IGP), La Habana, CD ROM.
- Kastens, K. A. & Cita, M. B. 1981. Tsunami-induced sediment transport in the abyssal Mediterranean Sea. *Geological Society of America Bulletin*, **92**, 845-857.
- Kerr, A. C., Iturralde-Vinent, M. A., Saunders, A. D., Babbs, T. L. & Tarney, J. 1999. A new plate tectonic model of the Caribbean: Implications from a geochemical reconnaissance of Cuban Mesozoic volcanic rocks. *Geological Society of America Bulletin*, **111**, 1581-1599.
- Kelly, S. R. A. & Bromley, R. G. 1984. Ichnological nomenclature of clavate borings. *Palaeontology*, **27**, 793-807.
- Kiyokawa, S., Tada, R., Iturralde-Vinent, M. A., Masui, T., Tajika, García-Delgado, D. E., Oji, T., Nakano, Y., Goto, H., Takayama, H. & Rojas-Consuegra, R. 2002. More than 700-m-thick Cretaceous-Tertiary boundary sequence of the Cacarajicara Formation, western Cuba; Ejecta induced high-energy flow deposit. In: *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond* (Eds. C. Koeberl & K. G MacLeon). *Geological Society of America Special Paper*, **356**, 125-144.
- Leymerie, M. A. 1842. Suite de mémoire sur le terrain Crétacé du département de l'Aube. *Mémoires de la Société Géologique de la France*, ser. 2^{ème}, **4**, 291-364.
- Núñez-Cambra, K. & Rojas-Consuegra, R. 2007. Elementos de la estructura de los deslizamientos submarinos en los depósitos del límite K/T en Loma Capiro, Santa Clara, Cuba central. *Memorias, Trabajos y Resúmenes, II Convención sobre Ciencias de La Tierra. GEOCIENCIA 2007*. Centro Nacional de Información Geológica. Instituto Geología y Paleontología (IGP), La Habana, CD ROM, GEO2-P16, 103-104.
- Pszczolkowski, A. 1986. Megacapas del Maastrichtiano en Cuba occidental y central. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Earth Science*, **34**, 81-94.
- Rojas-Consuegra, R. 2000. El límite Cretácico / Terciario en la Formación Peñalver (Cuba Occidental): observaciones tafonómicas, paleoecológicas y paleogeográficas. *Geogaceta*, **2**, 355-358.
- Rojas-Consuegra, R. & Núñez-Cambra, K. (Ed.) 2007. Guía para la excursión a los depósitos del límite Cretácico-Terciario en Cuba occidental. Excursiones post convención, No.4. *Memorias, Trabajos y Resúmenes, II Convención sobre Ciencias de La Tierra. GEOCIENCIA 2007*. Centro Nacional de Información Geológica. Instituto Geología y Paleontología (IGP), La Habana, CD ROM, GEO2-P16, 24 pp.
- Rojas-Consuegra, R., Iturralde-Vinent, M. A., Díaz-Otero, C. & García-Delgado, D. 2005a. Significación paleogeográfica de la brecha basal del Límite K/T en Loma Dos Hermanas (Loma Capiro), en Santa Clara, provincia de Villa Clara. *Memorias, Trabajos y Resúmenes I Convención sobre Ciencias de La Tierra. GEOCIENCIA 2005*. Centro Nacional de Información Geológica. Instituto Geología y Paleontología (IGP), La Habana, CD ROM, GEO08-P7, 1-9.
- Rojas-Consuegra, R., García-Delgado, D. E., Iturralde-Vinent, M. A. & Díaz-Otero, C. 2005b. Localidades del Límite Cretácico – Terciario en Cuba: una herencia natural única, y necesidad de su conservación patrimonial. *Memorias, Trabajos y Resúmenes I Convención sobre Ciencias de La Tierra. GEOCIENCIA 2005*. Centro Nacional de Información Geológica. Instituto Geología y Paleontología (IGP), La Habana, CD ROM, GEO010-P18, 1-14.
- Schlirf, M. 2003. Palaeoecologic significance of late jurassic trace fossils from the Boulonnais, N France. *Acta Geologica Polonica*, **53**, 123-142.
- Tada, R., Nakano, Y., Iturralde-Vinent, M.A., Yamamoto, S., Kamada, T., Tajika, E., Toyoda, K., Kiyokawa, S., García-Delgado, D., Oji, T., Goto, K., Takayama, H., Rojas-Consuegra, R. & Matsui, T. 2002. Complex tsunami waves suggested by the Cretaceous-Tertiary boundary deposit at the Moncada section, western Cuba. In: *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond* (Eds. C. Koeberl & K. G MacLeon). *Geological Society of America Special Paper*, **356**, 109-123.
- Tada, R., Iturralde-Vinent, M.A., Matsui, T., Tajika, E., Oji, T., Goto, K., Nakano, Y., Takayama, H., Yamamoto, S., Kiyokawa, S., Toyoda, K., García-Delgado, D., Díaz-Otero, C. & Rojas-Consuegra, R. 2004. K/T boundary deposit in the proto-Caribbean basin. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, **79**, 582-604.
- Takayama, H., Tada, R., Matsui, T., Iturralde-Vinent, M. A., Oji, T., Tajika, E., Kiyokawa, S., García-Delgado, D.,

- Okada, H., Hasegawa, T. & Toyoda, K. 2000. Origin of the Peñalver Formation in northwestern Cuba and its relation to K/T boundary impact event. *Sedimentary Geology*, **135**, 295-320.
- Vahldiek, B.W. & Schweigert, G. 2007. Ältester Nachweis Holz bohrender Muscheln. Oldest record of wood-boring bivalves. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **244**, 261-271.
- Yamamoto, S., Hasegawa, T., Tada, R., Goto, K., Rojas-Consuegra, R., Díaz-Otero, C., García-Delgado, D. E., Yamamoto, S., Sakuma, H. & Matsui, T. 2010. Environmental and vegetational changes recorded in sedimentary leaf wax n-alkanes across the Cretaceous-Paleogene boundary at Loma Capiro, Central Cuba. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **295**, 31-41.

Manuscrito recibido: 3 de agosto, 2010

Manuscrito aceptado: 12 de julio, 2011