

POSIBLE ORIGEN CATASTRÓFICO DE LAS SECUENCIAS ASOCIADAS AL LÍMITE K/T EN CUBA ORIENTAL

Possible catastrophic origin of the sequence of K/T boundary in the eastern provinces of Cuba

Elizabeth Crespo Cabrera
Félix Quintas Caballero

E-mail: ecrespo@moa.minbas.cu
Departamento de Geología Instituto Superior
Minero Metalúrgico

RESUMEN

En la porción oriental de Cuba se localizan facies terrígenas y carbonatadas, acumuladas en aguas profundas de cuencas a cuevas y de antepaís, caracterizadas por la presencia de macrobrechas de calizas, flysch arcilloso-arenoso vulcanomíctico, flysch serpentino-clástico y olistostromas con alto componente ofiolítico. Algunas de esas facies, presentes en las Formaciones Mícara y La Jíquima, se correlacionan con otras de la Formación Beloc en Haití, y de las Formaciones Peñalver y Amaro localizadas en Cuba centro-occidental, donde se ha verificado la existencia de una alta anomalía de iridio, vidrio de impacto, así como turbiditas y megabrechas relacionadas con tsunamis resultantes del impacto meteórico en Chicxulub, en Yucatán.

Durante el Maastrichtiano, La Española (isla de Santo Domingo), la península de Yucatán (México) y la porción oriental de Cuba se encontraban en un entorno inmediatamente cercano, por lo que las Formaciones Beloc, Mícara, La Jíquima y otras equivalentes se acumularon en condiciones paleogeográficas y medioambientales similares. Las facies de olistostromas, megaturbiditas terrígenas y de macrobrechas de calizas, localizadas en lo que se considera el límite K/T en la porción oriental de Cuba, posiblemente se acumularon como consecuencia de tsunamis formados por el impacto del meteorito que dio origen al cráter de Chicxulub.

PALABRAS CLAVE: Flysch, olistostromas, megaturbiditas, tsunamis, facies.

ABSTRACT

In the eastern part of Cuba are found deep water terrigenous and limestone facies deposited in a piggy

back and foreland basin during the K/T boundary. These facies characterised for the presence of limestone macrobreccias, clay sandstone, vulcanomictic and serpentinitic flysch and olistostromes whose principal component is derived of ophiolites. Some of these facies are correlated with those of Beloc Formation in Haiti, and Peñalver and Amaro formations in western and central Cuba where is possible to verify the presence of high great iridium anomalies, impact glass fragments and the spherulites at the K/T boundary.

During the Maastrichtian, Hispaniola (Santo Domingo island) and Yucatan Peninsula were near of Cuba, and for this reason formations such as Beloc in Haiti, Mícara, La Jíquima, Peñalver, Amaro and other contemporaneous ones formations of Cuba were deposited in the similar and linked environmental and paleogeographic conditions. Facies of olistostromes, terrigenous flysch, and megabreccias of eastern Cuba, which occur near at the considered as K/T boundary, were possible deposited by tsunamis, which, for its turn was triggered by a large meteorite impact at Yucatan Peninsula (Mexico) responsible for the formation of the giant Chicxuluc crater.

KEY WORDS: Flysch, Olistostromes, Megaturbidites, Tsunamis, Facies.

INTRODUCCIÓN

El paso de la Era Mesozoica a la Cenozoica (límite K/T) estuvo marcado por un colapso del ecosistema a nivel global que produjo la extinción masiva de diversas especies de animales y plantas en un breve intervalo de tiempo. La causa del colapso del ecosistema global al cierre del Cretácico ha sido motivo de polémica por muchos años; una teoría aceptada

por muchos es el impacto de un gran meteorito (Carreño y Montellano, 1997) que trajo como consecuencia un brusco cambio de las condiciones ambientales en el planeta y con ello la extinción de muchas especies. Existen algunas evidencias de que, aproximadamente, sesenta y cinco millones de años atrás nuestro planeta fue impactado por un meteorito en las cercanías de la península de Yucatán, donde se ha localizado un cráter conocido como el cráter de Chicxulub. Investigaciones realizadas sobre esta estructura han permitido estimar la edad del impacto, la geometría y características del cráter, así como las relaciones con depósitos del Cretácico-Terciario en las regiones adyacentes al golfo de México y al mar Caribe (Toon *et al.*, 1982; Melosh, 1982). Por otro lado, se han analizado las características del impacto en diferentes escenarios (marinos y terrestres), posibles efectos ambientales y su implicación en la extinción de organismos (Cedillo y Grajales, 1997; Grajales *et al.*, 2001; King y Petruny, 2001).

Melosh (1982) y Mckinnon (1982) plantean que un impacto en el mar daría lugar a la generación de tsunamis en las regiones costeras adyacentes. Hacia los mares más profundos, los efectos de los tsunamis estarían marcados por la acumulación de sedimentos flyschoides y olistostromas, estructuras de deslizamientos submarinos, así como por la presencia en los sedimentos de altas concentraciones de iridio en las capas sedimentarias del límite K/T, discordancias intraformacionales y una disminución brusca de las

variedades fosilíferas, la presencia de cuarzo con propiedades adquiridas por efectos de impacto y plagioclasas con estructura de malla.

En Cuba se han desarrollado, en la última década del siglo xx, dos proyectos de investigación estratigráfica del límite K/T que llegan a establecer dicho límite en algunas formaciones (Peñalver, Moncada y Cacarajácar) del occidente cubano; sin embargo, en la porción oriental aún no ha podido establecerse el límite K/T con toda precisión, pues hasta hoy no se tienen datos de anomalías de iridio, aunque por datos paleontológicos y estratigráficos se han podido identificar las formaciones (Fig. 1) que pudieran marcar este límite (Fernández y otros, 1991). Las formaciones del límite K/T en Cuba se caracterizan por la presencia de megaturbiditas y frecuentes olistostromas (Kumpera, 1968; Iturralde-Vinent, 1976, 1977 y 1992; Cobiella-Reguera, 1978; Pszczolkowski, 1986). Teniendo en cuenta que estos rasgos están presentes en las Formaciones Mícará, La Picota, Yaguajay y La Jíquima en Cuba Oriental, y que existe correlación bioestratigráfica entre estas formaciones y otras de Cuba, Haití, Yucatán y Belice (Tabla 1), en las que se ha podido precisar el límite K/T (Quintas y otros, 1994; Díaz y otros, 2001), en este trabajo exponemos nuestras ideas acerca del origen catastrófico de las facies de olistostromas, megaturbiditas terrígenas y de macrobrechas de calizas de las formaciones ya mencionadas anteriormente, que se asocian con el límite K/T en el oriente cubano.

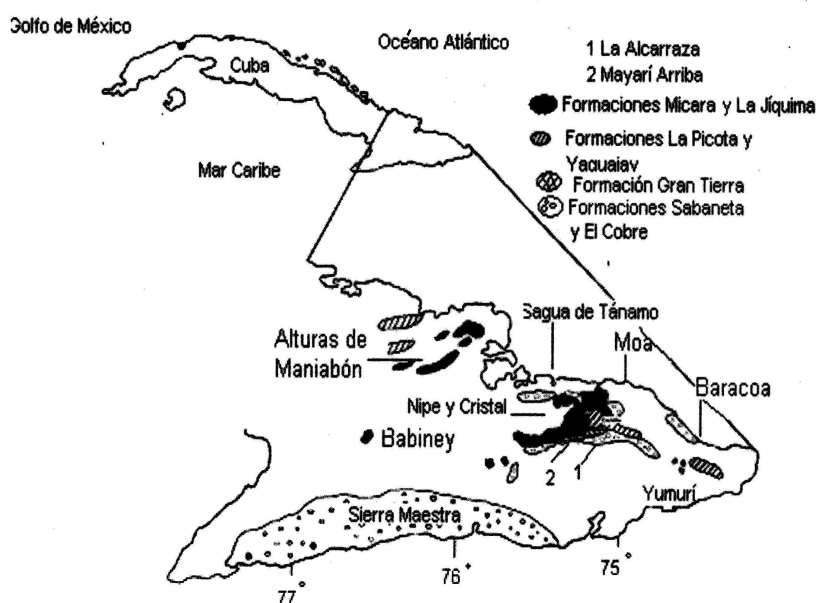


Figura 1. Zonas de afloramiento de las formaciones relacionados con el límite K/T en Cuba Oriental.

TABLA 1. FORMACIONES ASOCIADAS CON EL LÍMITE K/T EN CUBA ORIENTAL Y HAITÍ

Período	Edad	Cuba Oriental	Haití
Paleógeno	Daniano	Flysch y olistostromas Fm. Gran Tierra Fm. Mícara	Flysch Fm. Beloc
Cretácico	Maastrichtiano	Fm. Mícara-Fm La Picota Fm. La Jíquima -Fm. Yaguajay	Fm. Beloc

BIOESTRATIGRAFÍA DEL CORTE K/T EN EL ORIENTE CUBANO

En la porción oriental de Cuba se localizan secuencias terrígenas y carbonatadas acumuladas en la Paleoplateforma de Bahamas, en cuencas a cuestras y cuencas de antepaís (Iturralde-Vinent, 1995). Las características estratigráficas del corte asociado al límite K/T en esta zona son similares a las secuencias formadas por fuertes corrientes, de dirección muy variable, producidas a causa de tsunamis en mares de aguas profundas. En el Maastrichtiano, Cuba Oriental y La Española constituían parte de una microplaca que, a partir del Eoceno Medio, fue desmembrada como consecuencia del desarrollo de la Fosa de Bartlett (Quintas y otros, 1994; Draper y Barros, 1994). Durante el Maastrichtiano Superior, en la microplaca Cuba Oriental-La Española, existió un mar profundo que ocupaba las cuencas a cuestras y de antepaís (Fig. 2) en el que se acumularon secuencias terrígenas, flyschoides y olistostrómicas y, en menor, medida carbonatadas, mientras que simultáneamente en el borde de la Paleoplateforma de Bahamas se depositaron calciruditas brechosas (Draper y Barros, 1994; Iturralde-Vinent, 1995).

El corte típico de la Formación Mícara en las paleocuevas de antepaís se caracteriza por la presencia de flysch serpentínoclastico y frecuentes olistostromas compuestos esencialmente por clastos de serpentinitas, gabros, diabasas y bloques de areniscas vulcanomícticas arcillosas. Las facies de la Formación Mícara se interdigitan con las de la Formación La Picota (esencialmente olistostrómica), que tienen un alto componente de clastos derivados de las ofiolitas. De igual forma sucede entre las Formaciones La Jíquima y Yaguajay, al nordeste de la ciudad de Holguín (Nagy y otros, 1983).

En la carretera entre Sagua de Tánamo y La Alcarraza se observan numerosos afloramientos de la Formación Mícara, con frecuentes macroestructuras de deslizamientos, discordancias intraformacionales y estratificación convoluta en las capas, lo que evidencia una sedimentación rápida a partir de la masa

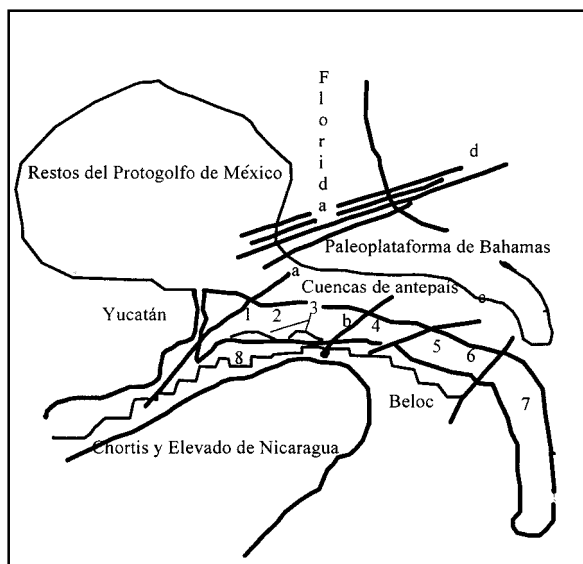


Figura 2. Paleogeografía del Caribe en el Maastrichtiano-Paleoceno. Terrenos: 1. Pinar del Río, 2. Pinar del Río-Habana-Matanzas, 3. Cuba centro occidental, 4. Bloques continentales al sur de Cuba, 5. Camagüey-Las Tunas, 6. Cuba Oriental-La Española-Puerto Rico, 7. Cresta de Aves, 8. Protocuenca de Yucatán Fallas: a. Pinar b. La Trocha c. Cauto-Nipe d. fallas del Estrecho de La Florida.

detrítica transportada por corrientes o de masa de detritos y lodos deslizada por el fondo. Estas secuencias son muy similares a las depositadas por efecto de grandes tsunamis en zonas profundas de las cuencas marinas.

En la localidad de Beloc, en Haití, se ha encontrado uno de los más importantes depósitos de vidrio de impacto. En el K/T esta región se encontraba a unos ochocientos kilómetros de Yucatán y formaba parte de una cuenca marina profunda inmediata a la cuenca a cuestra donde se depositaron las Formaciones Mícara, La Jíquima, La Picota y Yaguajay (Quintas y otros, 1994; Maurrasse, 1995). La sedimentación ocurrió en un ambiente marino batial o abisal, en donde se acumularon 150 metros de calizas con intercalaciones de flysch terrígeno vulcanomíctico que constituyen la Formación Beloc.

Las facies terrígenas y flyschoides acumuladas en las cuencas a cuestras en Cuba Oriental (Formaciones Mícara y La Jíquima) están compuestas de areniscas, aleurolitas, y conglomerados vulcanomícticos de edad Maastrichtiano a Paleoceno Inferior, como se muestra en la figura 3 (localidades El Solito y La Alcarraza); estas secuencias se hacen más arcillosas hacia el límite entre las Formaciones Mícara y Gran Tierra (Lewis y Straczek, 1955; Cobiella-Reguera, 1978; Nagy y otros, 1983).

Las areniscas y gravelitas contienen clastos de calizas y granos de plagioclasas, cuarzo, calcedonia, calcita y minerales ferromagnesianos, además de fragmentos de lavas, clastos de rocas intrusivas y de tobas. Las rocas más terrígenas se localizan en la parte baja y media del corte, hasta el supuesto límite K/T, con un escaso contenido de foraminíferos planctónicos

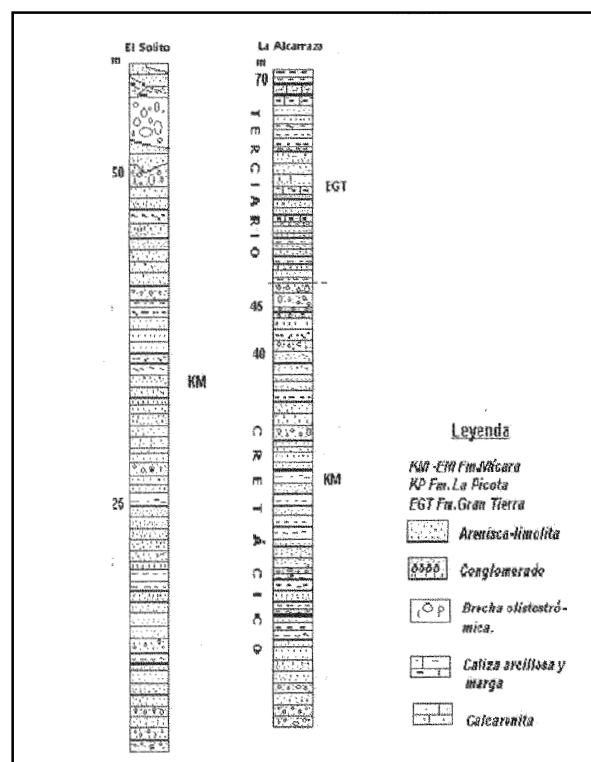


Figura 3. Localidades en la parte oriental de Cuba donde se ha localizado el límite K/T.

y bentónicos que evidencia un cambio radical del paleoambiente, el cual dio lugar a la extinción de gran parte de la biota planctónica. En el Paleoceno Inferior aumenta de modo gradual el contenido de arcillas y carbonato de calcio, y es muy abundante el contenido fosilífero (Fernández y otros, 1991). En la localidad de La Alcarraza, al este de la provincia de Holguín, se localizó el posible límite K/T en la zona de contacto gradual entre las Formaciones Mícara y

Gran Tierra. La secuencia del Maastrichtiano Superior comienza en la base con conglomerados finos, areniscas y limolitas compuestas por clastos angulosos de cuarzo, de vulcanitas básicas y de tobas de igual composición. La secuencia es típicamente turbidítica con ritmos finos de hasta 40 milímetros de espesor, aumentando la matriz arcillosa y el cemento calcáreo hacia la parte alta del corte (Paleoceno Inferior), donde incluso aparecen capas de brechas-conglomerados calcáreos con abundante material terrígeno vulcanomíctico. El estudio de la microfauna de foraminíferos (Tabla 2) permitió reconocer para el tope del Maastrichtiano la biozona de rango *Racemiguembelina fructicosa*, referida por Luterbacher y otros (1966).

El contacto Maastrichtiano - Daniano fue reportado en un corte de la carretera de Sagua de Tánamo a Guantánamo (localidad La Alcarraza). Aquí fue reconocida la biozona *Racemiguembelina fructicosa* anteriormente citada y la zona de *Globigerina eugubina* (Tabla 2). La biozona está caracterizada por la desaparición de *R. fructicosa* y presenta además *Globigerina fringa*, *Globorotalia inconstans*, *Guembelitra cretacea*, y un amplio grupo de globigerinas muy pequeñas. Las especies más frecuentes de foraminíferos bentónicos son: *Valvulineria allomorphinoides*, *Dorothia oxycona*, *D. indentata*, *Karriella subglobosa*, *Gyroidina girardana*, *Nodosaria* sp., *Cibicides* sp., *Textularia* sp., *Pseudoparellia* sp., y *Anomalina* sp. En esta biozona concurren *Guembelitra cretacea*, *Globotruncana havanensis*, *G. Petaloidea*, *Rosita contusa*, *Globotruncana cónica*, *Pseudotextularia varians*, *Globotruncana* spp., *Rugoglobigerina* spp., *Heterohelicidae* y *Archeoglobigerina* sp. Es probable la correlación de la biozona con la de *Abathomphalus mayaroensis*. Los radiolarios son escasos y se reportan *Lithomespilus mendosa*, *Spongodiscus* sp., *Dyctiomitra multicostata*, *Foremanina* sp., *Porodiscus* sp., *Stichocapsa* sp. y *Lithochytris* sp. Los ostrácodos predominantes son formas bentónicas del ambiente batial, localizados en la Formación Mícara: *Bairda* aff. *cassida*, *Cytherella* aff. *furrazolai*, *Cytherella* Sp., *Krithe* sp.

En las formaciones cubanas asociadas al límite K/T se ha comprobado la ocurrencia de extinciones masivas y la presencia de una mezcla de fósiles con abundante redepositación, como sucede en la Formación Peñalver, donde conjuntamente con *Globotruncana calcarata* y *Abathomphalus mayaroensis*, y otros fósiles del Campaniano y Maastrichtiano, aparecen *Marginotruncana* Spp., *Billicinella higginsis* y *Rotalipora* sp., con edades que están en un intervalo desde el Albiano hasta el Santoniano (Díaz y otros, 2001).

TABLA 2. CORRELACIÓN DE LAS BIOZONAS DEL POSIBLE LÍMITE K/T EN EL ORIENTE CUBANO CON OTRAS LOCALIDADES EN LAS QUE SE HA PRECISADO ÉSTE

Sistema	Serie	Piso	Italia Luterbacher y Premoli-Silva, 1964	Stainforth <i>et al.</i> , 1975*	México Gamper, 1977	Cuba Oriental Fernández, Quintas, Arango y Cobiella, 1991
Paleógeno	Paleoceno	Daniano	<i>Globigerina daubjergensis</i> <i>Globigerina eugubina</i>	<i>Globorotalia trinidadensis</i> <i>Globorotalia pseudobulloides</i> <i>Globigerina eugubina</i>	<i>Globorotalia trinidadensis</i> <i>Globigerina daubjergensis</i> <i>Globigerina eugubina</i>	<i>Globorotalia trinidadensis</i> <i>Globorotalia pseudobulloides</i> <i>Globorotalia compressa</i> <i>Globigerina eugubina</i>
Cretácico	Superior	Maastrichtiano	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Globigerinas pequeñas</i> <i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Racemiguembelina fructicosa</i>

* Los datos fueron tomados del artículo "El límite Cretácico-Terciario en Cuba", de G. Fernández y otros, 1991.

La transición del límite Cretácico - Terciario en algunas regiones de Cuba, especialmente en la Formación Mícará, presenta características comparables con las Formaciones Méndez, en México, y Beloc, en Haití (Maurrasse, 1995). La escasa población y la extinción masiva de la biota planctónica, caracteriza la sección del Maastrichtiano Superior y se relaciona con la ocurrencia de un evento catastrófico que dio lugar al colapso del ecosistema marino.

CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DE LAS SECUENCIAS DEL LÍMITE K/T

Las manifestaciones de impacto en el límite K/T están representadas en una capa de arcilla de 1 a 2,6 centímetros de espesor, en afloramientos lejanos de la zona de impacto en Europa (Gamper, 1977; Álvarez *et al.*, 1980), o bien por una capa de areniscas o brechas de uno a treinta y ocho metros en afloramientos de América (Montanari *et al.*, 1994). En algunas de las secuencias del K/T estudiadas en la región nordeste de México y en Texas, el límite se caracteriza por depósitos clásticos de tipo turbidíticos. La variación del espesor de los depósitos está en función de la distancia hasta Yucatán, donde ocurrió el impacto del meteorito de Chicxulub y se generaron los tsunamis. El mayor espesor y las facies más gruesas se localizan en Yucatán y zonas cercanas, mientras que hacia las zonas muy alejadas las facies son de granulometría más fina y menor espesor (Bourgeois *et al.*, 1988; Smit *et al.*, 1992).

En las capas de la Formación Mícará, localizadas hacia el límite K/T, se observan varios ritmos de flysch arenoso-arcilloso con escaso cemento carbonatado y fósiles planctónicos, acumulados en un medio batial o abisal (Urrutia y otros, 1997). El límite K/T coincide con una disminución rápida del contenido de car-

bonatos, la desaparición repentina de un gran número de especies planctónicas y la presencia de anomalía de iridio (Rocchia, 1996). Estas características en general se deben a que el impacto se produjo en aguas poco profundas al borde de océano, por lo tanto engendró olas gigantes (tsunamis) cuyos testimonios se encuentran en las secuencias sedimentarias localizadas en el límite K/T. En la sonda de Campeche y sudeste de México fue descrita una secuencia compuesta de depósitos sedimentarios gradados, formados de la base al techo por megabrechas calcáreas, brechas de grano fino y areniscas y argilitas con fósiles bentónicos. Esta secuencia descansa discordantemente sobre calizas lodosas muy fosilíferas que contienen *Trinitella scoth*, *Racemiguembelina fructicosa* y *Contusotruncana contusa*, lo cual sugiere una edad Maastrichtiano Medio a Tardío (Grajales y otros, 2001). El conjunto está sobreyacido por margas donde fue reconocida la biozona *Guembelitrea cretacea* del Daniano Temprano. Estos depósitos también han sido descritos en Belice y Quintana Roo (México) donde son frecuentes capas de esferulitas y bentonita, además de brechas de calizas. Se reporta en estas secuencias la presencia de cuarzo y plagioclasa de choque, fragmentos de esferulitas, lapilli acrecionario y anomalías de iridio con características similares a las reportadas en las Formaciones Peñalver, Amaro y otras de Cuba centro-occidental (Díaz y otros, 2001). En Haití, Cuba y desde Alabama a Guatemala, en un arco de 300 kilómetros, las secuencias del límite K/T están constituidas por capas de areniscas arcillosas de 2-3 metros de espesor. La morfología de estos depósitos arenoso-arcillosos indica que se depositaron rápidamente (en algunos días) bajo la influencia de corrientes submarinas muy potentes que cambiaban varias veces de dirección. Una vez que pasaron las

corrientes, el medio retornó a su situación normal y los sedimentos arenosos fueron reemplazados de forma progresiva por niveles más finos de arcillas (Claeys, 1996).

Las megaturbiditas del margen continental de la parte centrooccidental de Cuba, posiblemente se relacionen con un evento catastrófico cercano (Pszczolkowski, 1986). Este criterio también es expuesto por Cobiella (1998), que asocia el evento catastrófico con el impacto que originó el cráter de Chicxulub. Díaz y otros (2001) brindan argumentos importantes para soportar esta hipótesis, referida al hecho de que en Cuba occidental y central se reporta, en diferentes cortes del límite K/T, la presencia de cuarzo choqueado, esférulas y anomalías de iridio en las Formaciones Peñalver y Amaro. Vale decir que éstas son correlacionables con las Formaciones Mícara y La Jíquima de Cuba Oriental y se acumularon en un mismo entorno paleogeográfico y paleoambiental.

CONCLUSIONES

El impacto meteorítico que originó el cráter de Chicxulub pudo generar depósitos de tsunamis en Cuba Oriental.

El contenido fosilífero de las formaciones asociadas al límite K/T en Cuba Oriental revela frecuentes y bruscos cambios del ecosistema marino, propio de un evento catastrófico.

Las secuencias olistostrómicas, de megaturbiditas terrígenas y de macrobrechas de calizas de las formaciones localizadas en el posible límite K/T de Cuba Oriental, presentan características estratigráficas semejantes a las descritas para los depósitos de tsunamis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, L., F. ÁLVAREZ ASARO & H. MICHEL: "Extensional cause for the Cretaceous-Tertiary structure", *Science*, 208 :1095-1108, 1980.
- BOURGEOIS, J., T. HANSEN, P. WIBERG Y E. KAUFFMAN: "Tsunami deposit at the Cretaceous-Tertiary boundary in Texas", *Science*, 241: 567-570, 1988.
- CARREÑO, A. Y M. MONTELLANO: Extinción masiva del límite Cretácico-Terciario: mitos y realidades.-Monografía no. 4, Unión Geofísica Mexicana:137-147, 1997.
- CEDILLO, E. Y J. GRAJALES: Las rocas del impacto del cráter de Chicxulub y el límite Cretácico-Terciario en México y áreas vecina de América del Norte y el Caribe-Monografía no. 4, Unión Geofísica Mexicana:147-164, 1997.
- COBIELLA, J.: "Estratigrafía y paleogeografía del Paleógeno en Cuba oriental", 160 pp., Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa, Holguín, 1978 [Tesis doctoral].
- : "Jurassic and Cretaceous geological history of Cuba", *International Geology Review*, 42: 594-616, 1998.
- CLAEYS, P.: "Chicxulub: 'El cráter ideal'", *Mundo científico*. [Índice anual] (16) :148-150, 1996.
- DÍAZ, C., M. ITURRALDE Y D. GARCÍA: "Evidencias del coctel paleontológico del límite Cretácico Terciario en Cuba Occidental", Memoria IV Congreso Cubano de Geología, La Habana, 2001.
- DRAPER, G., J. BARROS: "Cuba", en S. DONOVAN, T. JACKSON, ed.: *Caribbean geology: an introduction*, UWI publisher's Association, Jamaica. 65: 83, 1994.
- FERNÁNDEZ, G., F. QUINTAS, J. SÁNCHEZ Y J. COBIELLA: "El límite Cretácico-Terciario en Cuba", *Geología y Minería*, número especial:74-84, 1991.
- GAMPER, M.: "Acerca del límite Cretácico-Terciario en México", *Revista del Instituto de Geología. Universidad Autónoma de México*, 1:23-30, 1977.
- GRAJALES, J., E. CEDILLO, G. MURILLO, I. ARENILLAS, J. ARZ, C. ROSALES, D. MORÁN, P. CLAEYS & W. ÁLVAREZ: "El evento Chicxulub del límite K/T: su impacto en la sedimentación de la plataforma de Yucatán y Sonda de Campeche, sureste de México", en: IV Congreso Cubano de Geología, La Habana, 2001 [Libro de Resúmenes].
- ITURRALDE-VINENT, M.: "Estratigrafía del área Calabazas-Achotal. Parte I", *La minería en Cuba*, 5: 9-23, 1976.
- : "Estratigrafía del área Calabazas-Achotal. Parte II", *La minería en Cuba*, 6: 32-40, 1977.
- : "A short note on the Cuban late Maastrichtian megaturbidite (an impact derived deposit?)", *Earth Planet. Sc. Lett.* 109: 225-228, 1992.
- : "Cuencas sedimentarias del Paleoceno-Eoceno de Cuba", *Boletín de la Sociedad Venezolana de Geología*, 29: 75-80, 1995.
- KING, D. Y L. PETRUNY: "Stratigraphy and sedimentology of Cretaceous-Tertiary boundary breccia deposits in Belize, Central América", en: IV Congreso Cubano de Geología, La Habana, 2001 [Memoria].
- KUMPERA, O.: "Contribución a la geología de la Sierra de Nipe", *Serie Geológica*, 2(1): 1-23. 1968.
- LEWIS, G. Y J. STRACZEK: "Geology of south central Oriente province", *Bulletin Geological Survey*, 975: 171- 235, 1955.
- LUTERBACHER H. E I. PREMOLI SILVA: "Bioestratigrafía del límite Cretácico-Terciario Nele Appenino central", *Revista Italiana de Paleontología*, 20 :1183-1189, 1964.
- MAURRASE, F.: "Impact tsunami and the Haitian Cretaceous-Tertiary layers", *Science* 252 :690-1693, 1995.
- McKinnon, W. B.: "Impact into the Earth's ocean floor, preliminary experiments, planetary model and possibilities for detection", *Geological Society of America*, Special Paper 190 :129-142, 1982.
- MELOSH, H.: "The mechanism of large meteoric impacts into the Earth's oceans", *Geological Society of America*, Special Paper 190 :121-127, 1982.
- MONTANARI, A., P. CLAYS, F. ASARO, J. BERMÚDEZ Y J. SMIT: "Preliminary stratigraphy and iridium an other geochemical anomalies across the K/T boundary in the Bochil section (Chiapas south eastern Mexico)".-In: New development regarding the K/T event and other catastrophes in Earth history. LPI Contribution no. 285. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. 84-85, 1994.
- NAGY, E., K. BRCSNYANSSZKY, A. BRITO, D. COUTIN, F. FORMELL, G. FRANCO, P. GYARMATY, G. RADOZC Y P. JAKUS: *Contribución a la geología de Cuba Oriental*, 87 pp., Ed. Academia, La Habana, 1983.
- PSZCZOLKOWSKI, A.: "Megacapas del Maastrichtiano de Cuba occidental y central", *Bull. Polish Acad. Sci., Earth Sc.* 34 (1): 81-87, 1986.
- QUINTAS, F., M. CAMPOS Y M. HERNÁNDEZ: "Asociaciones Estructura - Formacionales del Mesozoico en Cuba Oriental y La Española", *Geología y Minería*, 11 (3) :3-8, 1994.
- ROCCHIA, R.: Nacimiento de una teoría. Mundo científico, Índice analítico, España (16) :141-143, 1996.
- TOON, O., J. POLLACK, T. ACKERMAN, R. TURCO, C. MCKAY Y M. LIU: "Evolution of an impact-generated dust cloud and its effects on the atmosphere", *Geological Society of America Bulletin*. Special paper 190 :187-200, 1982.
- URRUTIA, J., L. ALVA Y J. ESPÍNDOLA: Límite Cretácico-Terciario y el cráter de Chicxulub. Monografía no. 4 :137-146 Unión Geofísica Mexicana, Ciudad México, 1997.
- SMIT, J., A. MONTANARI, N. SWINBURNE, W. ÁLVAREZ, A. HILDEBRAND, S. MARGOLIS, P. CLAEYS, W. LOWRIE Y F. ASARO: "Tekite bearing deep water clastic unit at the Cretaceous- tertiary boundary in Northeast Mexico", *Geology*, 21 :190-191, 1992.