

Sismitas en las Calizas Peñas del Campaniano – Maastrichtiano en Sierra de los Órganos, Cuba occidental

Seismites in Calizas Peñas of Campanian-Maastrichtian age in Sierra de los Órganos, western Cuba

Sujai Banzo-Morales^{1*}, Reinaldo Rojas-Consuegra¹, Esther María Cruz-Gámez²,
Wilmer Pérez-Gil², Isabel Beatriz Griñán-Ferrer¹, Mercedes Torres-de la Rosa¹

¹Centro de Investigación del Petróleo, La Habana, Cuba.

²Universidad de Pinar del Río, Cuba.

*Autor para la correspondencia: sujai.banzo@ceinpet.cupet.cu

Resumen

La unidad informal Calizas Peñas de edad Campaniano-Maastrichtiano aflora al SW del poblado de Pons, Sierra de los Órganos, en Cuba occidental. Está integrada por caliza de color gris oscuro a negro, bien estratificadas con intercalaciones de pedernal negro. Esta unidad subyace a la caliza laminada de la formación Ancón de edad Paleoceno temprano-Eoceno medio. El objetivo fue precisar las características petrográficas y micro-paleontológicas en las Calizas Peñas y su relación con el evento catastrófico de Chicxulub. Se trata de una micrita cretácica con textura de *mudstones-wackestones* recristalizado, en parte *wackestones mudstones* y *wackestones brechado*, en tanto la caliza laminada paleogénica es *wackestones-packstones* parcialmente brechado y *wackestones* con presencia de fósiles en un 30%-40%. Hay presencia de diferentes tipos de fracturas en la micrita cretácica, donde resaltan la laminación plegada, sistemas de microgrietas rectas, paralelas e inclinadas, grietas irregulares con espesores variables entre otros elementos. Estos rasgos corresponden a sismitas, relacionadas con el impacto de Chicxulub. El material eyéctico, de cuarzo de choque y esférulas, aunque escaso, apoya la idea anterior. En general, los resultados del estudio del afloramiento del río Peñas, le avalan como una nueva sección del límite K/Pg en ambiente de aguas profundas, situada en el occidente de Cuba y del Protocaribe, que abre nuevas perspectivas de investigación.

Palabras clave: Calizas Peñas, sismitas, eyecta, Chicxulub

Abstract

The informal unit Calizas Peñas of Campanian-Maastrichtian age outcrops to the SW of the town of Pons, Sierra de los Órganos, in western Cuba. It is composed of dark gray to black limestone, well stratified with black chert intercalations. This unit underlies the laminated limestone of the Ancón Formation of Early Paleocene-Middle Eocene age. The objective was to determine the petrographic and micropaleontological characteristics of the Peñas Limestones and their relationship with the Chicxulub catastrophic event. It is a Cretaceous micrite with recrystallized mudstones-wackestones texture, partly wackestones-mudstones and brecciated wackestones, while the Paleogene laminated limestone is partially brecciated wackestones-packstones and wackestones with 30%-40% of fossils present. There are different types of fractures in the Cretaceous micrite, where the folded lamination, systems of straight, parallel and inclined microcracks, irregular cracks with variable thicknesses, among other elements, stand out. These features correspond to sismites, related to the Chicxulub impact. The ejecta material, shock quartz and spherules, although scarce, support the previous idea. In general, the results of the study of the Peñas river outcrop, endorse it as a new section of the K/Pg boundary in deep water environment, located in western Cuba and the Protocaribe, which opens new research perspectives.

Keywords: Calizas Peñas, seismites, ejecta, Chicxulub

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios del límite Cretácico-Paleógeno en Cuba ya son numerosos (Rojas-Consuegra y Núñez-Cambra, 2017) y han estado dirigidos a conocer los procesos sedimentarios (Takayama *et al.*, 2000; Tada *et al.*, 2002; 2003; Kiyokawa *et al.*, 2002; Goto *et al.*, 2008, y otros), el registro microfósil (Molina *et al.*, 2002; Alegret *et al.*, 2005; Arenillas *et al.*, 2016; Arz *et al.*, 2022 y otros), así como su composición mineralógica y geoquímica, especialmente asociada al eyecta; y además ha interesado la relación con la paleogeografía del Protocaribe al momento del impacto meteorítico de Chicxulub, en la península de Yucatán, SE de México.

Por su parte, las manifestaciones de la paleosismicidad, como la asociada al impacto de Chicxulub, se han explicado como licuefacción de sedimentos, colapso de plataformas, fallas de taludes a gran escala y sedimentación catastrófica (Busby *et al.*, 2002; Arenillas *et al.*, 2006; Denne *et al.*, 2013; Bermúdez *et al.*, 2015, 2024).

En Cuba se han realizado investigaciones detalladas sobre los depósitos originados tras el evento catastrófico ocurrido a finales del Cretácico, pero

prácticamente ahora se inician las observaciones sobre la paleosismicidad (Banzo, 2024; Bermúdez *et al.*, 2024; Banzo *et al.*, 2025).

Numerosos autores han examinado el registro sedimentario asociado a dicho evento catastrófico, a fin de obtener mayor evidencia física, que permita esclarecer las consecuencias generadas tras el impacto. De esta manera se muestra que es posible identificar fenómenos de carácter sísmico, como fallamiento, fracturación, plegamientos y derrumbes, así como procesos de licuefacción *in situ*, y deformación de sedimento suave, antes durante y después del impacto. Estos hallazgos pueden asociarse al megaterremoto de Chicxulub, el cual se prolongó durante meses incluso años después de la caída del bólido, y que en numerosos casos se hallan localizados a miles de kilómetros del cráter (Busby *et al.*, 2002; Tada *et al.*, 2002; Arenillas *et al.*, 2006; Schulte *et al.*, 2009, 2010, 2012; Rojas-Consuegra, 2000; Rojas-Consuegra *et al.*, 2021; Bermúdez *et al.*, 2024). Así, aquí se comprende por sismitas, cualquier deformación, como las mencionadas, que puedan ser identificadas en el registro geológico investigado.

Pszczólkowski (1987, 1999) relaciona las Calizas Peñas con el límite K-Pg, explícitamente en comunicación (Álvarez-Sánchez & Bernal, 2013). De este modo, el objetivo de la investigación fue explorar la posible relación del impacto de Chicxulub y las características geológicas observadas en las Calizas Peñas, en el contacto con la formación Ancón del Paleógeno, como una secuencia de ambiente de aguas profundas que encierra el límite K-Pg en Cuba occidental (Figuras 1 y 2).

El presente trabajo es un aporte del proyecto I+D "Unidad clástica compleja del límite Cretácico-Paleógeno en Cuba y su relación con la evolución geológica" (IGP/SGC PS104LH002-025; Ceinpet 6520) dentro del programa dirigido por el Instituto de Geología y Paleontología/Servicio Geológico de Cuba (IGP/SGC) perteneciente al Ministerio de Energía y Minas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

A través de un enfoque multidisciplinario que incluye geología, paleontología y petrografía, se buscó arrojar luz sobre un fenómeno que sigue siendo objeto de intensa investigación y debate en la comunidad científica en la actualidad, en relación con el límite K-Pg.

El afloramiento estudiado se encuentra en el lecho del río Peñas, ubicado a unos 850 m aproximadamente al SW del entronque de la carretera que conecta el poblado de Pons con Viñales (Figura 1). Se accede por un camino paralelo a dicha corriente fluvial intermitente, siguiendo una dirección W-NW. Las coordenadas del punto son: 22° 32' 31" N; 83° 54' 19" W.

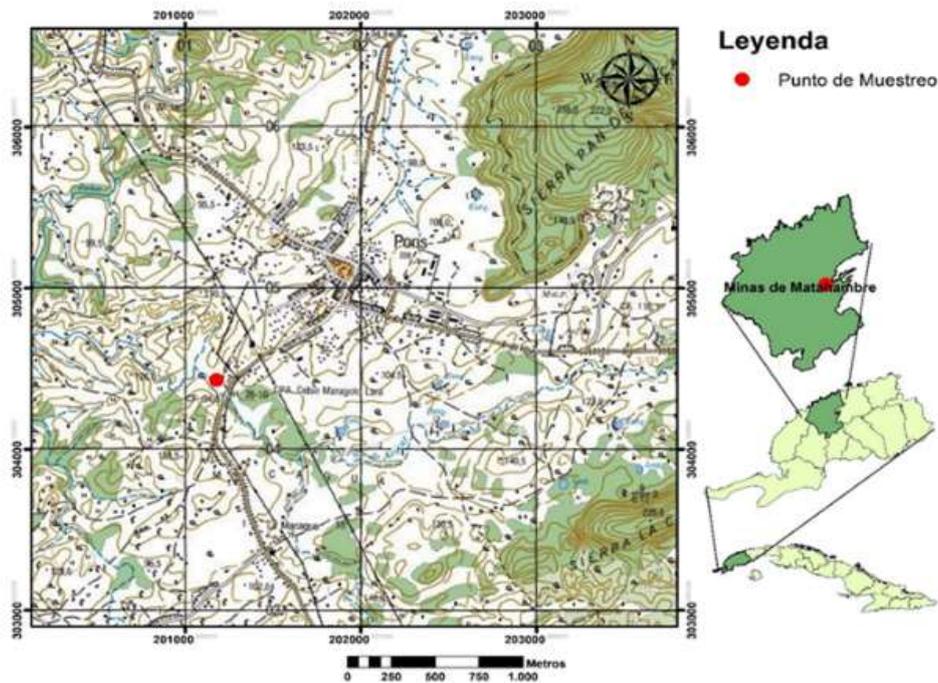


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del afloramiento Calizas Peñas.

Para lograr un adecuado estudio sobre las deformaciones presentes en la unidad informal se realizó la revisión bibliográfica de las investigaciones previas. Se llevaron a cabo dos trabajos de campo donde se colectaron 15 muestras macroscópicas y se confeccionaron 29 secciones delgadas en el Centro de Investigación del Petróleo, para realizar las determinaciones petrográficas y bioestratigráficas, haciendo énfasis en la observación y caracterización de las microdeformaciones.

3. RESULTADOS

Al inicio del afloramiento estudiado se observa caliza masiva, estratificada en capas gruesas, de color oscuro, e intercalaciones de capas de silicitas negras; esta secuencia pertenece a las Calizas Peñas. Sobre ella se distingue claramente un contacto con caliza violácea, finamente estratificada, que corresponde a la formación Ancón (Figura 2).



Figura 2. Sección del límite K-Pg en río Peñas en el valle de Pons, Sierra de los Órganos.

3.1. Litologías

Las Calizas Peña se encuentran sobre el lecho del río, específicamente en el contacto entre ambas unidades litoestrigráficas, y se observan notablemente recrystalizadas y alteradas. Se nota la presencia de sistemas de grietas que sugieren cizallamiento, algunas rellenas de mineral de calcita de color blanco. Presentan coloración predominante gris oscura, con áreas redondeadas, con vetas calcita blanca, además, se distinguen pátinas de óxidos de hierro color rojizo, y grumos de coloración pardo oscuro, de material bituminoso.

En algunos niveles se advierten rocas de aspecto brechoide, con presencia de clastos, y cambios en la granulometría de gruesa a fina (Figura 3, A-D). La caliza biogénica de la Fm. Ancón aparece finamente laminada, compacta y algo oxidada, con un color gris claro a rojizo o morado crema (Figura 3, 3E y 3F).

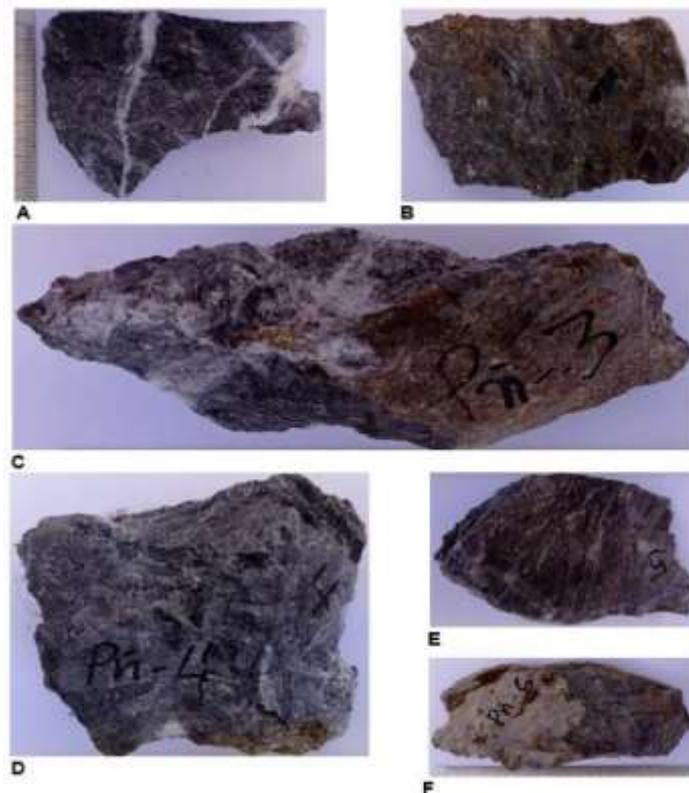


Figura 3. Descripciones macroscópicas de las muestras: A (muestra Pñ-1) – Caliza gris oscuro con vetas de calcita (Peñas); B (Pñ-2) – brecha de micrita y silicita negra con oxidación; C (Pñ-3) –caliza gris oscuro fracturada con gritas rellenas de esparita; D (Pñ-4) –micrita gris agrietada con bitumen; E (Pñ-5) y F (Pñ-6)– caliza laminada (Ancón).

A partir de la documentación de la sección en el campo y la información de las muestras tomadas en el lecho del río Peñas, se construyó la columna estratigráfica, donde se determinaron las litologías predominantes: caliza micrítica, caliza laminar paleogénica y la silicita negra (Figura 4).

3.2. Microfacies

Las microfacies identificadas, en general, corresponden a carbonatos de grano muy fino, a veces cristalinos, los cuales, usualmente, exhiben texturas de mudstone a packestone (Dunham, 1962).

Caliza cretácica

La micrita cretácica bajo el microscopio se determinó como *mudstone* – *wackestone* recristalizado, compuesta por lodo carbonatado micrítico, con un 10%-20% de moldes de microfósiles, que transiciona a *wackestone*; en parte brechado, contiene materia orgánica mezclada con fango calcáreo y vetillas de calcita, y estilolitos con óxido e hidróxido de hierro. La roca en partes muestra estructuras químicas como microestilolitos, vetillas cruzadas y

grietas de tensión rellenas de calcita, con granos de anhidrita. Esta microfacies llega a *wackestone-mudstone* y *wackestone* brechado, por lodo carbonatado, con un aumento de fósiles hasta aproximadamente en 30%; escasos granos de cuarzo y metálicos, dispersos.

Caliza paleogénica

La caliza biodetrítica paleogénica, de grano muy fino, con aspecto de calcarenita, está finamente laminada, compacta, con un color gris claro hasta rojizo o morado. Bajo el microscopio se identificó como *wackestone-packestone*, en partes brechado, formado por lodo carbonatado parcialmente recristalizado, con variación en contenido de bioclastos (aumenta respecto a las cretácicas); se observan microfósiles orientados, en forma subparalela, y finas vetillas de calcita. También, hay *wackestone* en lentes de lodo carbonatado, con moldes de fósiles 30%-40 %, orientados, y cortas vetillas de calcita y de óxidos de hierro. En partes, el lodo se encuentra entre calcita deformada, con conjunto de maclas tipo calcotectonita (Groshong *et al.*, 1984; Burkhard, 1993; Ferrill, 1991).

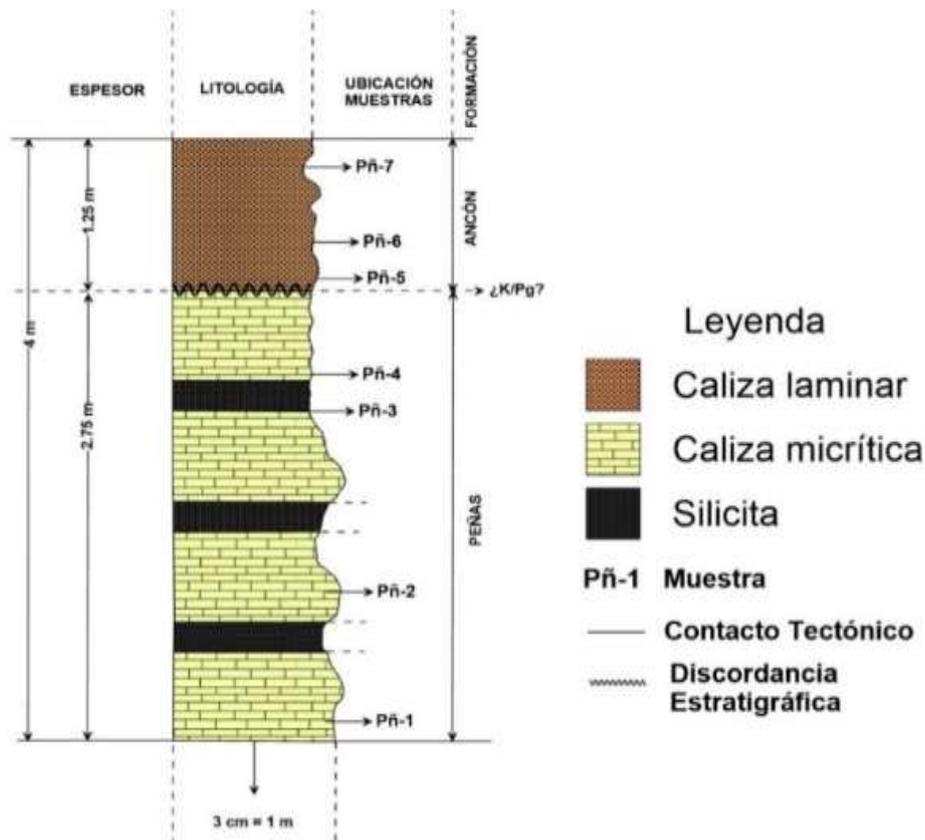


Figura 4. Columna litoestratigráfica en el lecho del río Peñas, señalando el muestreo realizado.

Mediante el cambio textural de las muestras analizadas se revela nítidamente el límite K-Pg en la sección de río Peñas (Tabla 1). En la muestra Pñ-4.5 aparece en la lámina delgada ambas litologías, donde sobre una macroesparita se detectan raros granos de cuarzo de choque, con la típica estructura de deformación planar (*PDF, planar deformational features*).

Tabla 1. Distribución de las texturas identificadas en las muestras. Verde-cretácicas, ocre rojizo- paleogénicas, rojo- límite K-Pg

Muestras	Pñ-1	Pñ-2	Pñ-2a	Pñ-3	Pñ-4	Pñ-4a	Pñ-4.5	Pñ-5	Pñ-5.1	Pñ-5.2	Pñ-5.3	Pñ-5a	Pñ-5.5	Pñ-6	P-7
Mw-stn	Verde						Rojo								
Wm-stn	Verde			Verde											
W-stn								Ocre rojizo							
Wp-stn														Ocre rojizo	

3.3. Asociaciones microfósiles

En la micrita fue posible identificar una asociación microfósil rica en foraminíferos planctónicos (FP) y algunos radiolarios, entre los primeros, se listan especies y géneros, tales como: *Contusotruncana fornicata*, *Contusotruncana walfishensis*, *Globotruncana rosetta*, *Globotruncana ventricosa*, *Globotruncanella havanensis*, *Globotruncana linneiana*, *Globotruncanita cónica*, *Laeviheterohelix glabrans*, *Muricohedbergella homdelensis*, *Planohedbergella ultramicra*, *Planoheterohelix* sp., *Pseudotextularia* sp., *Rugoglobigerina* sp. Fue posible identificar la Biozona de *Rodotruncana calcarata*. La edad indicada es Campaniano-Maastrichtiano.

La caliza laminar (*mudstone* fosilífero) poseen una gran riqueza de individuos de FP, entre los cuales se identificó la siguiente asociación de especies y géneros: *Acarinina* sp., *Alicantina lozanoi*, *Globanomalina pseudomenardii*, *Guembelitroides nutalli*, *Morozovella aequa*, *Morozovella velascoensis*, *Morozovella* cf. *M. gracilis*, *Morozovella* spp., *Planorotalites* spp., *Subbotina* spp. y radiolarios. La edad determinada es Paleoceno-Eoceno.

3.4. Sismitas

El estudio de las microdeformaciones de las rocas que conforman la secuencia Campaniano-Maastrichtiana en la sección del río Peñas, ha sido muy difícil dada la alta intensidad de deformación que exhibe la micrita (Figuras 5, 6, 7 y 8). No obstante, entre las principales manifestaciones de la posible presencia de sismitas se han identificado las siguientes, según las muestras seleccionadas (S/D orientadas):

- Laminación plegada (microplegues) y estilolitos subparalelos.
- Laminación plegada y microbrecha, con microfósiles orientados, por posible licuefacción.

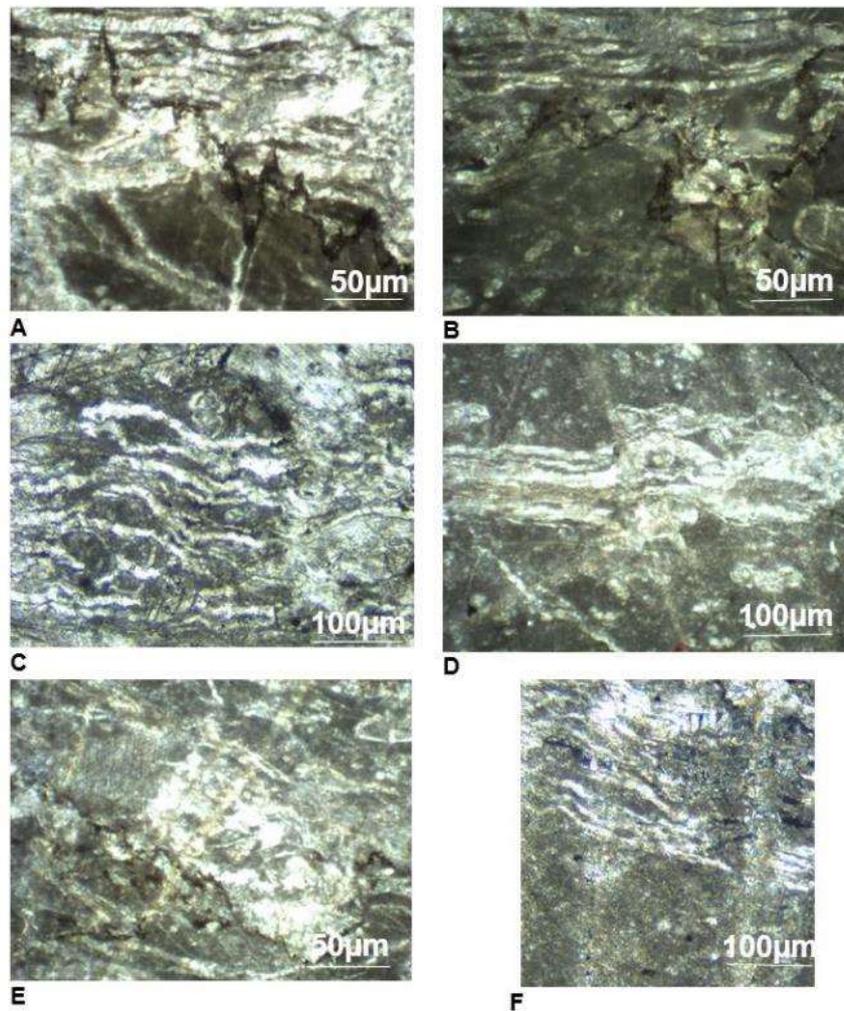


Figura 5. Microdeformaciones en la micrita de Peñas: A (muestra 2.1) – Laminación plegada y estilolitos subparalelos; B(2.2) – laminación plegada y microbrecha, con foraminíferos reorientados; C(3.1) – laminación plegada y sistema de microgrietas paralelas e inclinadas, cortantes, brechamiento; D(3.1) – laminación plegada y unos tres sistemas de grietas paralelas y cruzadas, brechamiento; E(3.1) – relleno esparítico paralelo a las laminación y estilolitos; F(3.1) – laminación plegada, agrietada con microfósiles.

- Laminación plegada, con sistema de microgrietas paralelas e inclinadas, cortantes de la laminación, con brechamiento (unos tres sistemas de grietas paralelas y cruzadas).
- Laminación paralela plegada, agrietada con microfósiles, con relleno esparítico paralelo a la laminación y los estilolitos.

- Complejo sistema de grietas entrecruzadas de magnitudes y momentos diferentes en la micrita.
- Grietas irregulares de dos grosores diferentes, cuasi-paralelas entre sí, cortantes e inclinadas respecto a la laminación.
- Estilolitos casi paralelos a la laminación, cortantes a los sistemas de grietas, con desplazamientos (posteriores).
- Muy fino sistema de grietecillas subparalelas a la laminación, en partes bifurcas y en ases que se abren en abanico irregulares.
- Contacto con estilolitos, entre la esparita debajo y caliza laminada paleocénica por encima; brecha en el contacto, con intensa presencia de estilolitos marcados por el bitumen (posiblemente por carga litostática).

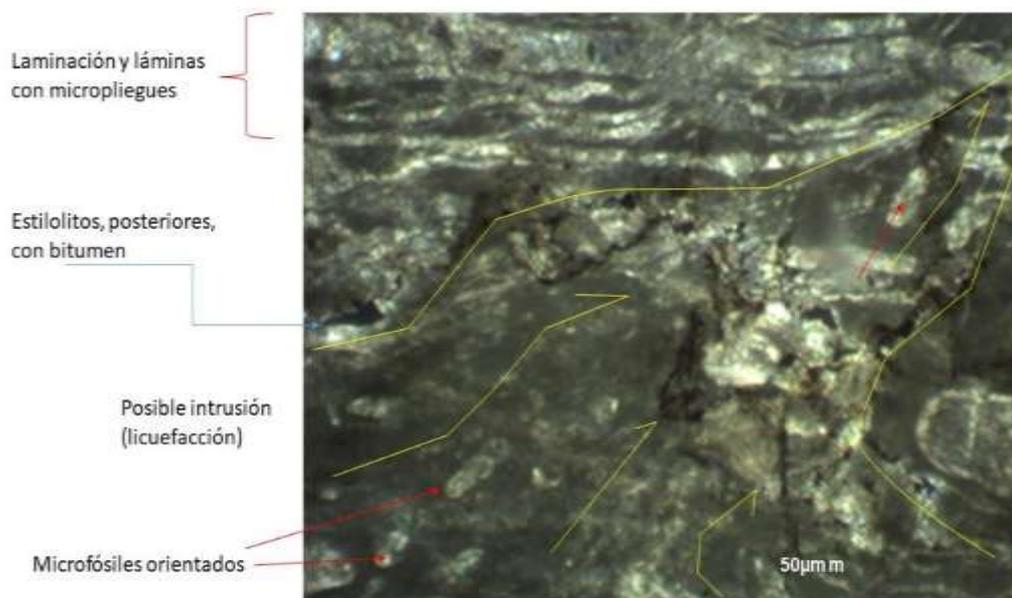


Figura 6. Microsismita en la micrita cretácica. Obsérvese los elementos de las microdeformaciones, dúctiles y frágiles, entre estas los estilolitos; todo el conjunto inclinado respecto a la laminación.

Secuencia cretácica

En la secuencia cretácica tardía las litofacies identificadas presentan una intensa deformación, con brechamiento, fracturación abundante y recristalización, además, están cortadas por varios sistemas de grietecillas y estilolitos con óxidos y bitumen. Las grietas, en general, están rellenas de calcita, en parte macroesparítica (Figuras 5 y 6).

Los sistemas de grietas paralelas e inclinadas, cortantes respecto a la estratificación y la laminación, con un ángulo de yacencia semejante, son con

que mayor probabilidad, reflejan el impacto sísmico desde una dirección, en este caso, de oeste a este (Figura 7).

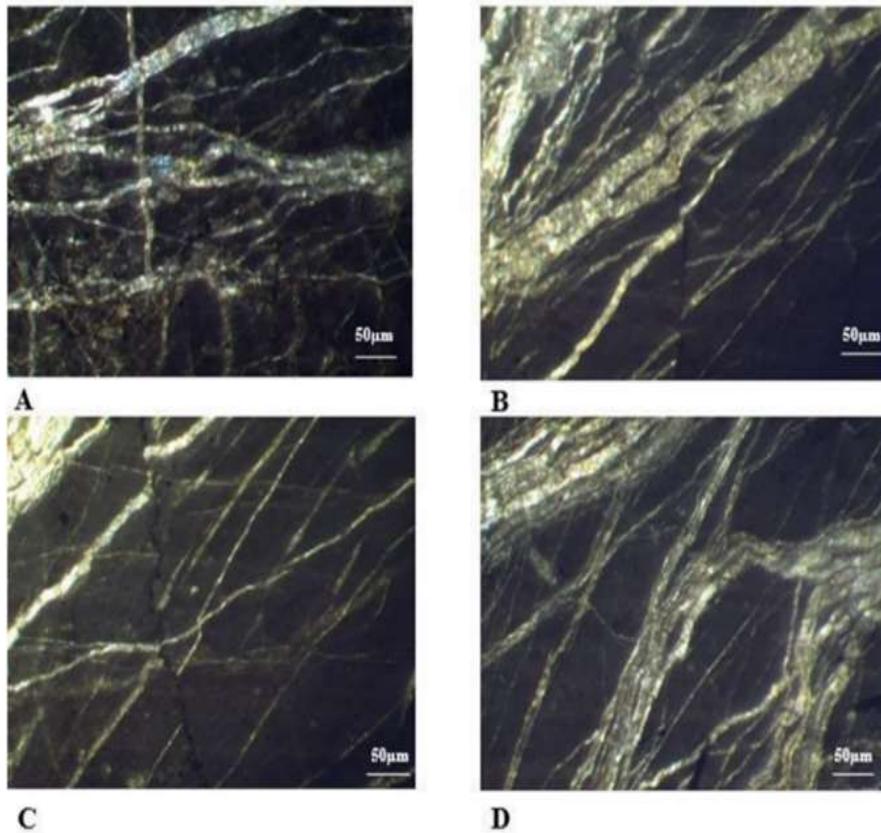


Figura 7. Sistema de grietas irregulares y cortantes, algunas como ases o paquetes, desplazadas por microestructuras estilolíticas posteriores. Muestras: A (Pñ-1-1. NX), B (Pñ2-a. NX), C (Pñ-2-a. NX), D (Pñ-2-a. NX).

Las rupturas y cortes posterior se observan transversales a las más antiguas y rellenas con calcita u óxidos (7A-C). Varios sistemas, en general, se entrecruzan con alta densidad de rupturas en la micrita (Figuras 5, 6 y 7). Aquí se recomienda, un estudio de campo en un área mayor, con una muestra más grande de datos sobre microtectónica.

Como se comprueba, esta secuencia cretácica presenta un alto grado de diastrofismo, en que se deduce, influyeron procesos de diagénesis de los sedimentos, pero donde se manifiestan con mayor claridad los efectos de procesos tectónicos, y con toda probabilidad, de aquellos sismo-inducidos desde el impacto de Chicxulub.

Secuencia paleogénica

La manifestación de la deformación por unidad de área en esta roca es menor, así como su diversidad morfológica, en comparación con aquellas que exhibe

la micrita cretácica, ya descritas. Se caracterizaron varias muestras de la roca paleogénica, pero se ilustra aquella tomada directamente en el límite inferior, en el contacto K-Pg, pues todas resultan muy semejantes.

La caliza laminada o biogénica muy fina, contiene abundantes foraminíferos planctónicos orientados paralelos a la estratificación, de edad Paleoceno temprano, Daniano (Ancón). En su tope han aparecido granos de cuarzo de impacto (Figura 8). Esta litofacies contiene:

- Sistemas de grietecillas finas a muy finas irregulares, que predominan, inclinadas respecto a la orientación de las testas de los foraminíferos (laminación).
- Escasa grietas rellenas de calcita y estilolitos paralelos o subparalelos a los planos de la laminación.

Estas deformaciones, como sus similares en la micrita más antigua, parecen estar relacionadas con los efectos de la carga litostática, sufrida por la secuencia durante los cabalgamientos sinorogénicos, e incluso, en parte, ser resultantes de los efectos, de los esfuerzos de desplazamiento transpresivos en que ha participado el substrato regional.

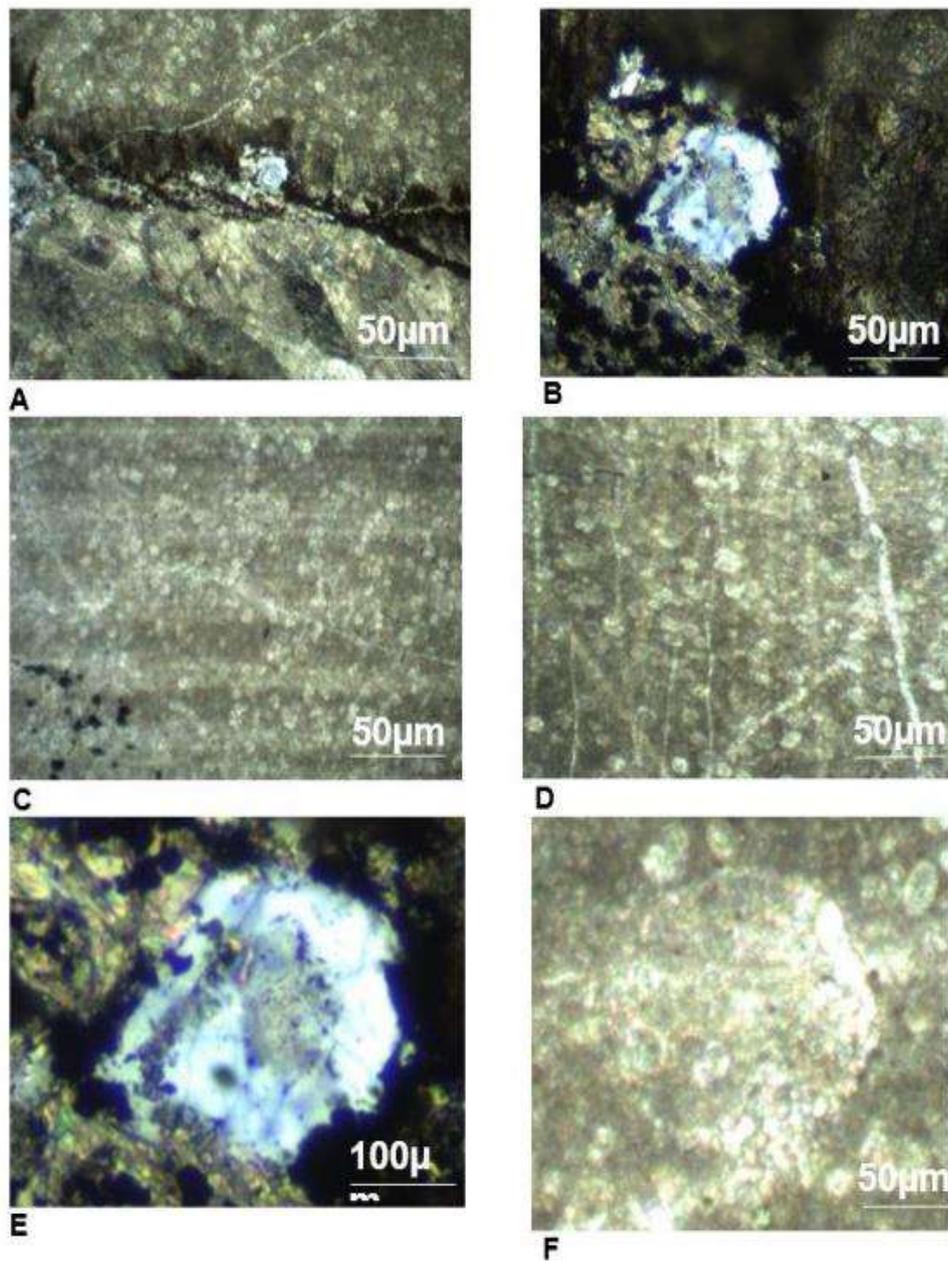


Figura 8. A (4.5 todas) – contacto entre esparita (Peñas) y caliza laminar con foraminíferos plactónicos del Paleoceno Daniano (Ancón); B (4.5) grano de cuarzo en el contacto; C –caliza finamente laminada muy rica en FP; D –ident., con sistema de grietecillas muy finas irregulares, inclinadas respecto a la orientación de las testas (laminación); E (4.5) -detalle de B, cuarzo fracturado; F –esférula aglomerática con microsférulas.

El sistema de estilolitos ocurrió con posterioridad a la consolidación de ambas secuencias, pues las corta a ambas de modo semejante, con un contenido arcilloso, de óxido y bitumen, idénticos. Por su orientación subparalela a la laminación, subhorizontal originalmente, pueden deberse a la intensa carga

litostática sufrida, según la estructura geológica regional, de mantos cabalgados.

También, en general, aparece igualmente la formación de esparita y macroesparita en grietas; y en el contacto, a techo de la micrita cretácica. Este hecho se relaciona con la circulación probable de hidrocarburo en dismigración; un proceso asociado a la orogenia cubana.

3.5. Eyecta

En esta sección estratigráfica se halló, aunque pobre, material de eyecta del impacto del K-Pg. En la muestra del límite (4.5) sobre la esparita (a tope de la micrita) y bajo la caliza laminada paleogénica, se identificaron aislados granos de cuarzo fracturados o de choque (Figura 8 B y E), los cuales, aunque son raros o escasos, aun así, indican la relación directa de este depósito con el impacto de Chicxulub. Además, se identificó una probable esférula compleja, en una forma circular o globular, que muestra un relleno con microesférulas, lo cual se asemeja a la textura de una esférula aglomerática de vidrio de impacto (Figura 8 F).

3.6. Maclas

A partir del análisis petrográfico de las secciones delgadas se describió un conjunto de maclas carbonatadas de tipo I, II y III (Groshong *et al.*, 1984; Burkhard, 1993; Ferrill, 1991), cuyas temperaturas oscilan entre los 200 y 300 grados (Figura 9). Este hecho se refleja por su importancia, en cuanto a su relación con la generación y migración de hidrocarburos, a la cual se asociaría la presencia de bitúmenes en los estilolitos presentes en la sección.

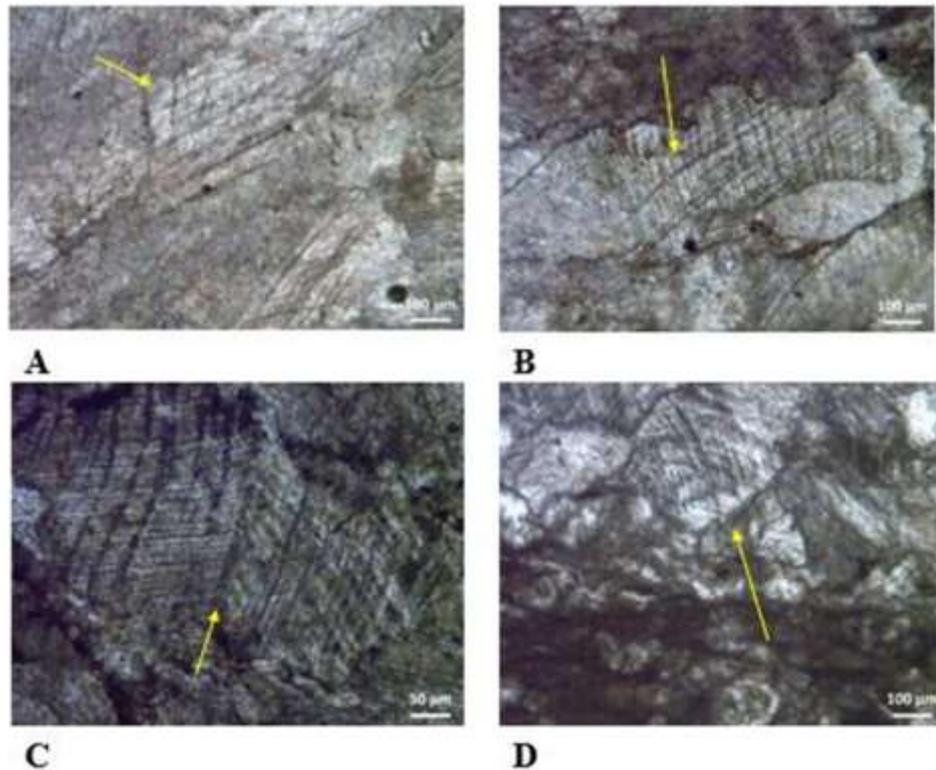


Figura 9. Maclas de calcita presentes en la micrita cretácica. A (Pñ -3-1. NX) - calcita deformada. B Pñ 4-2. NX) - *wackestone* brechado, y grieta con calcita deformada. C (Pñ 7-1. NX) - detalle de la calcita con conjuntos de maclas. D (Pñ 7-1. NX). - *Wackestone* con calcita deformada, con maclas curvas y acuñaadas hacia el borde del grano.

4. DISCUSIÓN

La presencia combinada de fallamiento normal, deformación plástica, estructuras de licuefacción e inyección, así como la ocurrencia de pliegues con vergencia opuesta y capas falladas gradadas (*fault-graded beds*) localizadas bajo niveles indeformados, se considera un rasgo típico de paleosismitas (Seilacher, 1969; Obermeier, 1996; Montenat *et al.*, 2007); que en un escenario K/Pg se relaciona a la intensa energía sísmica liberada por el impacto de Chicxulub, detonante de un destructivo megaterremoto de magnitud entre 10 y 13 (Shoemaker *et al.*, 1990), suficiente para causar deformación alrededor de Norte y Sur América (Klaus *et al.*, 2000).

La presencia de sedimentos deformados *in situ* en el norte de Sudamérica, fortalece la evidencia de que las sacudidas sísmicas generadas por el impacto, y posibles réplicas, representan un evento geológico importante, que afectó los sedimentos superiores del Maastrichtiano en una vasta región; la energía sísmica liberada fue suficiente para afectar localidades a más de 3 000 km del lugar del impacto de Chicxulub (Renne *et al.*, 2018). Se calcula que los fondos marinos del Protocaribe, donde se acumulaban las secuencia

maastrichtianas que hoy forman el substrato geológico cubano, se hallarían entre 200 km y 1 500 km del cráter de impacto. Esta premisa sustenta que las deformaciones poleosísmicas en el territorio cubano deben ser diversas y con claras expresiones.

La relación de las calizas de la formación Peñas (Pszczółkowski, 1999) con el límite K-Pg, fue expresada explícitamente por este autor en comunicación personal a Álvarez-Sánchez y Bernal, (2013); en nota al pie (número 2, p. 12): "Las calizas casi negras evidentemente muestran las huellas de un evento raro (posiblemente K/T o K/P), pues las silicitas están deformadas de una forma muy específica (no tectónica) y estas rocas pasan lateralmente a la brecha. Claro, estas calizas originalmente pertenecían al "Mbros Infierno" (=Fm. Pons), pero después han sido "perturbadas" y parcialmente incluidas en la brecha más joven (Pszczółkowski, 1987)".

También describe la brecha basal del Paleoceno, similar a Fm. Cacarajícara en Sierra del Rosario, ya bien estudiada en detalle (Kiyokawa *et al.*, 2002; Tada *et al.*, 2003; Goto *et al.*, 2008a): "La mayoría, sino todas, las capas incluidas en una matriz terrosa, pertenecen al propio Miembro Infierno. En la matriz también flotan grandes cantidades de capas rotas de *chert*, pero de la propia unidad" (Pszczółkowski, 1987). Según Álvarez-Sánchez y Bernal (2013) estas manifestaciones también se conocen en otros puntos de esta región (Figura 10).



Figura 10. Sismitas en forma de dique de calcilutita, atravesando una capa de micrita de Peñas (izquierda), y detalles de la chimenea de inyección del material licuefactado, de la capa inferior con brechamiento en el contacto (derecha). Tomado de Álvarez-Sánchez y Bernal (2013).

4.1. Importancia del geositio

Según los resultados del presente estudio, la sección del río Peñas se erige como una nueva sección del límite K-Pg en el occidente de Cuba. En lo

adelante, se puede valorar su importancia estratigráfica en la geología regional y desde el punto de vista patrimonial.

La presencia del tránsito del Maastrichtiano tardío al Paleoceno Daniano (Mesozoico/Cenozoico), posiblemente con continuidad, eventualmente sin *hiatus*, o con un diastema, en una sucesión de ambiente de aguas profundas cercana al CCD, tuvo su origen, paleogeográficamente, en la parte occidental del Proto-Caribe a solo unos 200 km-300 km del cráter de impacto de Chicxulub en el W-NW sobre la península de Yucatán (México), y destaca, además, por sus manifestaciones paleosísmicas.

Todo lo anterior, la convierten en un geosítio de excepcional valor, el cual deberá declararse a futuro, y ser objeto de la conservación patrimonial, con fines científicos y docentes.

5. CONCLUSIONES

- La sección estratigráfica del río Peñas, muestra la ocurrencia de procesos de deformación intensa, y eyecta, relacionados con el impacto sísmico del límite K-Pg en un ambiente de aguas profundas, un caso único en la región caribeña.
- En particular, la micrita cretácica de Peñas presenta una gran variedad de microfracturas, micropliegues y brechamiento, con varios sistemas de grietas rellenas de calcita, valoradas como la manifestación de sismitas ocurridas en el Proto-Caribe occidental, inducidas por el golpe sísmico generado por el impacto de Chicxulub, situado a solo unos cientos de kilómetros al oeste, sobre la plataforma de Yucatán, en el SE de México.

6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca" y al Centro de Investigación del Petróleo su colaboración en el transcurso de la investigación.

7. REFERENCIAS

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(9), 721-724.

Álvarez-Sánchez, H. & Bernal, L. R. (2013). *Las formaciones Pons y Peñas del Cretácico de la Sierra de los Órganos*. Instituto de Geología y Paleontología, La Habana, Cuba. 36 p. (Inédito).

- Arenillas, I., Arz, J. A., Grajales-Nishimura, J. M., Murillo-Muñetón, G., Alvarez, W., Camargo-Zanoguera, A., Molina, E. & Rosales-Domínguez, C. (2006). Chicxulub impact event is Cretaceous/Paleogene boundary in age: new micropaleontological evidence. *Earth and Planetary Science Letters*, 249, 241-257.
- Arenillas, I., Arz, J. A., Grajales-Nishimura, J. M. & Rojas-Consuegra, R. (2016). The Chicxulub impact is synchronous with the planktonic foraminifera mass extinction at the Cretaceous/Paleogene boundary: new evidence from the Moncada section, Cuba. *Geological Acta*, 14(1), 35-51.
- Arz, J. A., Arenillas, I., Grajales-Nishimura, J. M., Liesa, C. L., Soria, A. R., Rojas, R., Calmus, T. & Gilabert, V. (2022). No evidence of multiple impact scenario across the Cretaceous/Paleogene boundary based on planktic foraminiferal biochronology. In: C. Koeberl, P. Claeys, & A. Montanari (Eds). *From the Guajira Desert to the Apennines, and from Mediterranean Microplates to the Mexican Killer Asteroid: Honoring the Career of Walter Órganos*. (Tesis de Diploma, Universidad de Pinar del Río). 60 p.
- Banzo-Morales, S. (2024). Deformaciones frágiles en las Calizas Peñas, Sierra de los Órganos (Tesis de Diploma, Universidad de Pinar del Río). 60 p.
- Banzo-Morales, S., Rojas-Consuegra, R., Cruz-Gómez, E. M., Pérez, W., Torres, M. & Griñán, I. B. (2025). *Deformaciones frágiles en la Sierra de los Órganos*. XI Convención de Ciencias de la Tierra. La Habana, Cuba, 7-11 abril. (Memoria digital). GEO 10-P7, 4 p. ISSN 2307-499X.
- Bermúdez, H. D., Stinnesbeck, W., Bolívar, L., Rodríguez, J. V., García, J., Vega, F. J. (2015). *Paleosismitas asociadas al límite K/Pg en la isla de Gorgonilla, pacífico colombiano*. XV Congreso Colombiano de Geología. Bucaramanga, Colombia, 31 agosto-5 septiembre. (Memoria). 1 p.
- Bermúdez, H. D., Bolivar, L., Martini, M., Vega, F. J., Arenillas, I., Arz, J. A., Gilabert, V., Phillips, G., Bermúdez, D., Garb, M., Vega-Sandoval, F., Rojas-Consuegra, R., Nuñez-Cambra, K. E., Berry, K., Korbar, T., Gómez, C. & Cui, Y. (2024). El Megaterremoto de Chicxulub: Evidencia en el registro geológico de Europa Occidental y las Américas. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 56(5). doi: 10.1130/abs/2024AM-401171.
- Burkhard, M. (1993). Calcite twin, their geometry, appearance and significance as strain-stress markers and indicators of tectonic regime. A review. *Journal of Structural Geology*, 15(3-5), 351-368. doi.org/10.1016/0191-8141(93)90132-T.

- Busby, C. J., Grant, Y., Blikra, L. & Renne, P. (2002). Coastal landsliding and catastrophic sedimentation triggered by Cretaceous-Tertiary bolide impact. A Pacific margin example. *Geological Society of America*, 30(8), 687-690.
- Denne, R., Scott, E., Eichkoff, D., Kaiser, J., Hill, R. & Spaw, J. (2013). Massive Cretaceous-Paleogene boundary deposit, deepwater Gulf of Mexico: New evidence for widespread Chicxulub-induced slope failure. *Geology*, 9, 983-986.
- Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional textures. In: *Classification of Carbonate Rocks — A Symposium by Ham. William, E. (ed)*, Tulsa, Oklahoma. American Association of Petroleum Geologists 108-121. ISBN 9781629812366.
- Ferrill, D. A. (1991). Calcite twin widths and intensities as metamorphic indicators in natural low-temperature deformation of limestone. *Journal of Structural Geology*, 13, 667-675.
- Goto, K., Tada, R., Tajika, E., Iturralde-Vinent, M. A., Matsui, T., Yamamoto, S., Nakano, Y., Oji, T., Kiyokawa, S., Garcia, 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(2), 217-236.
- Groshong, R. H. Jr., Pfiffner O. A. & Pringle L. R. (1984). Strain partitioning in the Helvetic thrust belt of Eastern Switzerland from the leading edge of the internal zone. *Journal of Structural Geology*, 6, 5-18.
- Kiyokawa, S., Tada, R., Iturralde-Vinent, M., Matsui, T., Tajika, K., Yamamoto, S., Oji, T., Nakano, T., Goto, K., Takayama, H., Garcia, D., Díaz, C. & Rojas., R. (2002). Cretaceous-Tertiary boundary sequence in the Cacarajicara Formation, western Cuba: An impact-related high-energy, gravity flow deposit. In: Koeberl, C., and MacLeon, K. G. (eds). Catastrophic events and mass extinctions: Impacts and Beyond. *Geological Society of America Special Paper* 356, 125-144.
- Klaus, A., Norris, R. D., Kroon, D. & Smit, J. (2000). Impact-induced mass wasting at the K-T boundary, Blake Nose, western North Atlantic. *Geology*, 28(4), 319-322.
- Molina, E., Arenillas, J. I., Arz, J. A., Díaz-Otero, C., García-Delgado, D., Meléndez, A. & Rojas-Consuegra, R. (2002). Micropaleontología, cronoestratigrafía, y sedimentología del límite Cretácico/Terciario en el NO de Cuba. *Geogaceta*, 32, 287-290.

- Montenat, C., Barrier, P. & Hirsch, C. (2007). Seismites: An Attempt at Critical Analysis and Classification. *Sedimentary Geology*, 196, 5-30. doi.org/10.1016/j.sedgeo.2006.08.004.
- Obermeier, S. F. (1996). Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis—An overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes. *Engineering Geology*, 44(1-4), 1-76. doi.org/10.1016/S0013-7952(96)00040-3.
- Pszczółkowski, A. (1987). Secuencias miogeosinclinales de la Cordillera de Guaniguanico: Litoestratigrafía, descripción de las facies y paleogeografía. *Contribución a la geología de la provincia Pinar del Río*. La Habana, Cuba: Científico-Técnica, 5-84.
- Pszczółkowski, A. (1999). New data on the Lower Cretaceous microfossil and nannoconid stratigraphy in the Guaniguanico terrane of western Cuba. *Studia Geologica Polonica*, 114, 7-33.
- Renne, P., Arenillas, I., Vajda, V., Gilabert, V. & Bermúdez, H. D. (2018). Registro multiproxy del impacto de Chicxulub en el límite Cretácico-Paleógeno desde la isla Gorgonilla, Colombia. *Geology*, 46(6), 547-550.
- Rojas-Consuegra, R. (2000). Taphonomic and Palaeocological observations in the Peñalver Formation, Western Cuba. *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond*. Viena, Austria, July 9-12. *LPD Contribution*, 1053, 183-184.
- Rojas-Consuegra, R. & Núñez Cambra, K. (eds). (2017). *Guía para la excursión al límite K-Pg en Cuba occidental*. VII Convención de Ciencias de La Tierra. Excursiones post convención No 4. La Habana. CD ROM, 34 p. ISSN 2307-499X.
- Rojas-Consuegra, R. & De Huelbes-Alonso, J. (2021). *Supergrupo cronoestratigráfico del evento K-Pg (Daniano basal): una propuesta para el Léxico Estratigráfico de Cuba*. IV Congreso de Geología, XIV Convención de Ciencias de La Tierra. La Habana, Cuba, 5 al 9 de abril (Memorias) 18p.
- Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Bralower, T. J. & Christeson, G. L. (2010). El impacto del asteroide Chicxulub y la extinción masiva en el límite Cretácico-Paleógeno. *Science*, 327, 1214-1218. doi.org/10.1126/science.1177265.

- Schulte, P., Deutsch, A., Salge, T., Berndt, J., Kontny, A., Macleod, K. G., Neuser, R. D. & Krumm, S. A. (2009). Chicxulub ejecta sequence with shocked carbonates from the Cretaceous– Paleogene (K-Pg) boundary, Demerara Rise, western Atlantic. *Geochimica et Cosmochimica*, 73(4), 1180-1204.
- Schulte, T., Smit, J., Deutsch, A. & Salges, T. M. (2012). Tsunami backwash deposits with Chicxulub impact ejecta and dinosaur remains from the Cretaceous– Palaeogene boundary in the La Popa Basin, Mexico. *Sedimentology*, 59(3), 737–765.
- Seilacher, A. (1969). Lechos clasificados por fallas interpretados como terremotos. *Sedimentology*, 13(1–2), 155–159.
- Shoemaker, E. M., Wolfe, R. F. & Shoemaker, C. S. (1990). Asteroid and comet flux in the neighborhood of Earth. In: Sharpton, V. L. & Ward, P. D. (editors). Global catastrophes in Earth history: An interdisciplinary conference on impacts, volcanism, and mass mortality. *Geological Society of America, Special Paper 247*, 155–170.
- Tada, R., Nakano, Y., Iturralde-Vinent, M. A., Yamamoto, S., Kamada, T., Tajika, E., Toyoda, K., Kiyokawa, S., Garcia Delgado, D., Oji, T., Goto, K., Takayama, H., Rojas, R. & Matsui, T. (2002). Complex tsunami waves suggested by the Cretaceous-Tertiary boundary deposit at the Moncada section, western Cuba. In Koeberl, C., and MacLeon, K.G. (eds) Catastrophic events and mass extinctions: Impacts and Beyond: Boulder, Colorado. *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., Garcia-Delgado, D., Diaz-Otero, C. & Rojas-Consuegra, R. (2003). K/T boundary deposit in the paleo-western 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., Garcia, D., Okada, H., Hasagawa, T. & Toyoda, K. (2009). Origen of the Peñalver Formation in northwestern Cuba and its relation to K/T boundary impact event. *Sedimentary Geology*, 135, 295-320.

Información adicional

Conflicto de intereses

No se declaran

Contribución de autores

SBM: Documentación de la sección. Trabajo de campo, muestreo y descripción y preparación de las muestras. Interpretación e integración de la información. Elaboración de la columna estratigráfica, redacción, revisión y edición del artículo. **RRC:** Documentación de la sección, trabajo de campo, muestreo, descripción y preparación de las muestras. Análisis de la columna estratigráfica. Interpretación e integración de la información, redacción edición y revisión del artículo científico. **EMCG:** Documentación de la sección. Trabajo de campo, muestreo, descripción de muestras. Interpretación e integración de la información y revisión del artículo. **WPG:** Documentación de la sección. Trabajo de campo, muestreo y descripción de muestras. Interpretación e integración de la información, elaboración de la columna estratigráfica y revisión del artículo. **IBGF:** Descripción de las muestras, obtención de datos. Interpretación e integración de la información y revisión del artículo. **MTR:** Descripción de las muestras, obtención de datos. Interpretación e integración de la información y revisión del artículo.

ORCID

SBM, <https://orcid.org/0009-0008-1709-2390>

RRC, <https://orcid.org/0000-0003-1572-2527>

EMCG, <https://orcid.org/0000-0001-8887-7277>

WPG, <https://orcid.org/0000-0001-9667-3258>

IBGF, <https://orcid.org/0000-0003-4225-8467>

MTR, <https://orcid.org/0000-0001-5299-6098>

Recibido: 15/04/2025

Aceptado: 10/05/2025