

Extraordinario depósito clástico-caótico en la Formación Peñalver del límite Cretácico – Paleógeno en el Mariel, Cuba occidental.

Reinaldo Rojas Consuegra¹, Gabriela Samón Isaac², Kenya E. Núñez Cambra³.

¹ *Doctor en Ciencias Geológicas. Investigador Titular. Centro de Investigación del Petróleo. CUPET-MINEM. Churruca No 481, Cerro, La Habana, Cuba C.P. 12000. ORCID ID: 0000-0003-1572-2527. Correo E: rojas@ceinpet.cupet.cu.*

² *Ingeniera Geóloga. Instituto de Geología y Paleontología / Servicio Geológico de Cuba. IGP/SGC-MINEM. Vía Blanca 1002, Rpto. Los Ángeles, San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba. C.P. 11000. ORCID ID: 0009-0004-5139-8052. Correo E: gabriela@igp.minem.cu*

³ *Máster en Geología. Investigador Auxiliar. Instituto de Geología y Paleontología / Servicio Geológico de Cuba. IGP/SGC-MINEM. Vía Blanca 1002, Rpto. Los Ángeles, San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba. C.P. 11000. ORCID ID: 0000-0003-2580-274X. Correo E: kenya@igp.minem.cu*

RESUMEN

En la zona del Mariel, en Cuba occidental, se desarrolla una actividad intensa de construcción de infraestructura civil, que transforma el paisaje; aparecen frecuentes cortes del subsuelo que desaparecen con rapidez. Esta dinámica limita el acceso a tiempo para la investigación estratigráfica de detalle. El presente estudio de dos secciones estratigráficas del área, se hace basado en fotografías digitales, de cortes que estuvieron expuesto por un tiempo. Se trata de un depósito clástico-caótico muy grueso de la Formación Peñalver, una unidad del límite Cretácico – Paleógeno (K-Pg). Así, el objetivo principal es mostrar las características geométricas más destacadas de este nuevo depósito, poco conocido, rico en megabloques y bloques menores oscuros. Aunque se reconocen las limitaciones del presente enfoque, se valora de positivo el resultado que se brinda, por su aporte al aumento del conocimiento sobre estas extraordinarias secciones clástico-caótica del territorio occidental cubano. El análisis en 2D re-

conoce los rasgos geométricos de las secciones estratigráficas denominadas SE-1 y SE-2, de las cuales se contó con sus fotografías publicadas. En la SE-1, según una clasificación morfológica empírica de los megabloques (cantidad 80 unidades), resultó que el 75 % de ellos son angulosos - subangulosos y solo un 25 % son subredondeados - redondeados. Se aprecia una mezcla de bloques menores y clastos, sin una clara selección, ni por tamaño ni por forma. Se evidencia el predominio en el buzamiento de los megabloques hacia el SO (81 %) y menos al NE (19 %). Según el cálculo de las diferentes áreas (37.21 m², es el 100 %), en la relación megabloques / matriz, se estableció una preponderancia de la matriz calcárea (aprox. 57 %) y menor para los bloques (43 %). No se evidencia una selección bien definida, aunque sí cierta gradación por partes. En los flujos de aporte individuales deducidos se manifiesta el apilamiento de los mayores bloques oscuros debajo y los menores hacia arriba, con cierta regularidad en los ángulos de buzamiento y sus direc-

Rojas-Consuegra, R., Samón-Isaac, G., Núñez-Cambra, K., E., 2021, Extraordinario depósito clástico-caótico en la Formación Peñalver del límite Cretácico – Paleógeno en el Mariel, Cuba occidental. : Geociencias UO. v. 15, núm. 1, junio 2025. pp. 14-31

ciones de yacencia. Esta ciclicidad determina en partes una estratificación cruzada de ángulo alto, tal vez por constituir, el relleno sucesivo de paleocanales. En la SE-1 predominan el buzamiento de los bloques entre 20-40 grados del NE al SO y algunos más inclinados entre 51-60 grados; una menor cantidad buzando de SO a NE con ángulos 11-20 grados. En la SE-2 los elementos de yacencia apreciados se comportan algo diferentes, pues la mayoría exhibe ángulos de buzamiento entre la horizontal y los 50 grados en sentido NE a SO. La medición de la dirección de buzamiento aparente de forma aleatoria, de megabloques y bloques mayores, revela que tiene un predominio al SO en los dos sitios; cerca del 75 % de las mediciones en la SE-1 y más del 80 % en la SE-2. El estudio de las secciones estratigráficas del Mariel en Cuba occidental, adicionan un depósito inédito desde el punto de vista sedimentario, de tipo clástico muy grueso, a aquellos originados en el límite Cretácico-Paleógeno en la región situada al este del cráter de Chicxulub. Su formación estuvo relacionada probablemente al derrumbe de secuencias de la Formación Vía Blanca expuestas en una zona de fallas en la cuenca a cuesta (piggy-back basin) del complejo de arcos volcánicos cretácicos del borde meridional del Protocaribe. Este proceso fue inducido posiblemente por el golpe sísmico del impacto del K-Pg, donde la fracción clástica gruesa se mezclaría con los flujos gravitacionales detríticos provocados por los tsunamis, provenientes de la plataforma calcárea nerítica y que daría lugar a tan particular acumulación en el talud inferior (Miembro basal de la Formación Peñalver).

Palabras clave: Depósito clástico, límite Cretácico-Paleógeno, Cuba occidental

ABSTRACT

In the Mariel area, in western Cuba, an intense activity of construction of civil infrastructure is developed, which transforms the landscape; there are frequent subsoil cuts that disappear quickly. This dynamic limits the access in time for detailed stratigraphic investigation. The present study of two stratigraphic sections of the

area is made based on digital photographs of sections that were exposed for a time. It is a very thick clastic-chaotic deposit of the Peñalver Formation, a unit of the Cretaceous-Paleogene boundary (K-Pg). Thus, the main objective is to show the most outstanding geometric characteristics of this new deposit, little known, rich in megablocks and obscure minor blocks. Although the limitations of this approach are recognized, the result provided is valued as positive, due to its contribution to increasing knowledge about these extraordinary clastic-chaotic sections of the western Cuban territory. The 2D analysis recognizes the geometric features of the stratigraphic sections called SE-1 and SE-2, of which their published photographs were available. In SE-1, according to an empirical morphological classification of megablocks (quantity 80 units), it turned out that 75 % of them are angular - subangular, and only 25 % are subrounded - rounded. A mixture of smaller blocks and clasts can be seen, without a clear selection, neither by size nor by shape. The predominance in the dip of the megablocks towards the SW (81 %) and less to the NE (19 %) is evident. According to the calculation of the different areas (37.21 m², it is 100 %), in the megablocks / matrix ratio, a preponderance of the calcareous matrix was established (approx. 57 %) and less for the blocks (43 %). There is no evidence of a well-defined selection, although there is a certain gradation by parts. In the deduced individual input flows, the stacking of the largest dark blocks below and the smallest ones above is manifested, with a certain regularity in the dip angles and their deposit directions. This cyclicity determines in parts a high-angle cross-bedding, perhaps by constituting the successive filling of paleochannels. In SE-1, the dip of the blocks predominates between 20-40 degrees from NE to SW, and some more inclined between 51-60 degrees; a smaller number dip SW to NE at 11-20 degree angles. In SE-2 the observed reservoir elements behave somewhat differently, since most exhibit dip angles between the horizontal and 50 degrees in a NE to SW direction. The measurement of the apparent dip direction in a random way, of megablocks and larger blocks, reveals that it has a predo-

minance to the SW in the two sites: about 75 % of the measurements in SE-1 and more than 80 % in SE-2. The study of the stratigraphic sections of Mariel in western Cuba, add an unprecedented deposit from the sedimentary point of view, of a very thick clastic type, to those originated in the Cretaceous - Paleogene limit in the region located to the east of the Chicxulub crater. Its formation was probably related to the collapse of sequences of the Vía Blanca Formation exposed in a fault zone in the piggy-back basin of the Cretaceous volcanic arc complex of the southern edge of the Proto-Caribbean. This process was possibly induced by the seismic shock of the K-Pg impact, where the thick clastic fraction would mix with the detrital gravitational flows caused by the tsunamis, coming from the neritic calcareous platform, and which would give rise to such a particular accumulation in the Lower slope (Basal Member of the Peñalver Formation).

Keywords: Clastic deposit, Cretaceous-Paleogene boundary, western Cuba

RESUMO

Na área de Mariel, no oeste de Cuba, desenvolve-se uma intensa atividade de construção de infraestrutura civil, que transforma a paisagem; há cortes frequentes no subsolo que desaparecem rapidamente. Essa dinâmica limita o acesso a tempo para investigação estratigráfica detalhada. O presente estudo de duas seções estratigráficas da área é feito com base em fotografias digitais de seções que ficaram expostas por um tempo. É um depósito clástico-caótico muito espesso da Formação Peñalver, uma unidade do limite Cretáceo-Paleógeno (K-Pg). Assim, o objetivo principal é mostrar as características geométricas mais marcantes deste novo depósito, pouco conhecido, rico em megablocos e obscuros blocos menores. Embora sejam reconhecidas as limitações desta abordagem, o resultado obtido é valorizado como positivo, pelo seu contributo para o conhecimento destes extraordinários troços clástico-caóticos do território ocidental cubano. A análise 2D reconhece as feições geométricas das seções estratigráficas denominadas SE-1 e SE-2, das quais estavam

disponíveis suas fotografias publicadas. No SE-1, de acordo com uma classificação morfológica empírica dos megablocos (quantidade 80 unidades), verificou-se que 75% deles são angulares-subangulares e apenas 25 % são subarredondados - arredondados. Observa-se uma mistura de blocos e clastos menores, sem uma seleção clara, nem por tamanho, nem por forma. É evidente a predominância no mergulho das megaquadradas para SW (81 %) e menos para NE (19 %). De acordo com o cálculo das diferentes áreas (37.21 m², é 100 %), na relação megablocos/matriz estabeleceu-se uma preponderância da matriz calcária (aprox. 57 %) e menor para os blocos (43 %). Não há evidências de uma seleção bem definida, embora haja certa gradação por partes. Nos fluxos de entrada individuais deduzidos, manifesta-se o empilhamento dos maiores blocos escuros abaixo e dos menores acima, com certa regularidade nos ângulos de mergulho e suas direções de depósito. Esta ciclicidade determina em parte uma estratificação cruzada de alto ângulo, talvez por constituir o preenchimento sucessivo de paleocanais. Em SE-1, o mergulho dos blocos predomina entre 20-40 graus de NE a SW, e alguns mais inclinados entre 51-60 graus; um número menor mergulha de SW para NE em ângulos de 11 a 20 graus. Em SE-2, os elementos do reservatório observados se comportam de maneira um pouco diferente, pois a maioria exhibe ângulos de mergulho entre a horizontal e 50 graus na direção NE a SW. A medição da direção do mergulho aparente de forma aleatória, de megablocos e blocos maiores, revela que há predominância para SW nos dois locais; cerca de 75 % das medições no SE-1 e mais de 80 % no SE-2. O estudo das seções estratigráficas de Mariel, no oeste de Cuba, acrescenta um depósito inédito do ponto de vista sedimentar, de tipo clástico muito espesso, àqueles originou-se no limite Cretáceo - Paleógeno na região localizada a leste da cratera Chicxulub. Sua formação provavelmente está relacionada ao colapso de sequências da Formação Vía Blanca expostas em uma zona de falha na bacia piggy-back do complexo do arco vulcânico Cretáceo da borda sul do Proto-Caribe. Este processo foi possivelmente induzido pelo choque sísmico do impacto K-Pg, onde a

fração clástica espessa se misturaria com os fluxos gravitacionais detríticos provocados pelos tsunamis, provenientes da plataforma calcária nerítica, e que dariam origem a uma acumulação tão particular no Talude Inferior (Membro Basal da Formação Peñalver).

Palavras-chave: Depósito clástico, fronteira Cretáceo-Paleógeno, oeste de Cuba

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se estudia la sección más baja reconocida hasta el momento del miembro inferior en la Formación Peñalver (Brönnimann y Rigassi, 1963), a través de dos cortes en la región del Mariel, de provincia de Artemisa, en Cuba occidental.

En la zona del Mariel se desarrolla una intensa actividad de construcción de infraestructura civil que va transformando el paisaje, se acondicionan áreas determinadas para responder a la dinámica en la inversión que se acomete. Esta actividad impone el cambio de uso del terreno, con el empleo intenso de maquinaria pesada, lo cual conlleva a la remoción de grandes volúmenes de materiales desde las áreas altas del relieve hacia el rellenamiento en aquellas más zonas bajas. Así van apareciendo cortes del subsuelo donde queda expuesta la roca, pero que desaparecen de igual manera con rapidez, pues estos espacios son ocupados por las instalaciones proyectadas, lo que a su vez, limita el acceso a tiempo para la investigación estratigráfica de detalle.

Dada esta situación, en el presente trabajo se realiza el análisis de dos secciones estratigráficas en el área del Mariel, basado en fotografías tomadas de dos cortes expuestos temporalmente. En estas secciones estratigráficas se muestra la parte basal de la Formación Peñalver, una unidad litoestratigráfica perteneciente a los depósitos del límite Cretácico – Paleógeno (K-Pg) en región occidental de Cuba (Takayama *et al.*, 2000; Tada *et al.*, 2003). En general, esta unidad ha sido bien estudiada en la región del Mariel en varias localidades situadas al O-SO, incluido el miembro inferior, representado en ellas por depósitos clásticos parecidos, pero sin el abundante aporte de megabloques

oscuros con tales dimensiones y abundancia, como el destapado en el área del presente estudio.

Dada esta problemática y la oportunidad de acceso a las secciones estudiadas, el objetivo del presente trabajo es mostrar las características geométricas más destacadas de este nuevo depósito, poco conocido, rico en megabloques en el miembro basal de la Formación Peñalver, expuesto en dos secciones del Mariel. No obstante, se reconocen las limitaciones del presente enfoque, pero se valora de positivo el resultado que se brinda, por su aporte al aumento del conocimiento sobre estas extraordinarias secciones clástico-caótica del K-Pg para la región occidental del país.

La presente es una contribución al proyecto I+D “Unidad Clástica Compleja del Límite Cretácico - Paleógeno en Cuba y su relación con la evolución geológica” (PS104LH002-025, CEINPET 6520), que dirige el Instituto de Geología y Paleontología / Servicio Geológico de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los cortes tomados como objeto de estudio han sido secciones estratigráficas situadas en la zona económica de desarrollo del municipio Mariel, provincia Artemisa, en Cuba occidental. Esta ubicación geográfica y administrativa específica imposibilitó el acceso directo a los materiales principales, por lo que el presente estudio se limita al análisis de rasgos geométricos de las secciones denominadas 1 y 2 (SE-1 y SE-2), de las cuales se contó con sus fotografías publicadas. La fotografía digital de la sección 1 proviene del «Compendio de Geología de Cuba» de Iturralde-Vinent, ed. (2019); la fotografía de la sección 2 fue tomada por el Lic. Carlos M. Ayra Beauzay, bajada del sitio en Facebook de «Geología de Cuba», administrado por E. Castellanos Abella. La obtención de mediciones se llevó a cabo mediante el procesamiento de las fotografías digitales, para ello fueron utilizados Sistemas de Información Geográfica, como ArcGis y Surfer, además de otros programas de apoyo como el tabulador digital de Excel. Para el corte geológico SE-1 de Mariel fue desarrollado en ArcMap 10.8 el procesamiento con base en imágenes para el cálculo de áreas.

Las secciones estudiadas están situadas en un área de geología compleja (**Figura 1**), donde el complejo de los arcos volcánicos cretácicos (CAVC), se encuentra tectónicamente alóctono sobre las rocas del mar marginal de la plataforma Bahamas que, aunque no aflora, subyace en el subsuelo (Iturralde-Vinent, ed., 2019; Mapa geológico de Cuba 1: 250 000 de la ACC, 1988).

La estratigrafía regional del área de estudio se describe de la siguiente manera (**Figura 1**): La Formación Vía Blanca (Brönnimann y Rigassi, 1963) de edad Campaniano medio a Maastrichtiano tardío, representa la cobertura siliciclástica del CAVC extinto, posee un carácter flyschoides, pues su deposición ocurrió en una cuenca a cuesta (piggy-back basin). Está representada por arenisca, limolita, calcarenita, conglomerado, arcilla, margas y calizas, que se intercalan cíclicamente, con variaciones de proximal a distal, de sur a norte (Albear e Iturralde-Vinent, 1985; Díaz-Otero *et al.*, 2003; Gil-González, 2009; Iturralde-Vinent, ed., 2019).

La Formación Peñalver (Brönnimann y Rigassi, 1963) se depositó de forma discordante y erosional sobre Vía Blanca, como consecuencia de los procesos inducidos por el impacto de Chicxulub en el límite K-Pg (Hildebrand *et al.*, 1991; Takayama *et al.*, 2002;

Tada *et al.*, 2003; Goto *et al.*, 2008). Peñalver está representada por una secuencia granodecreciente, de brecha conglomerada, calcirudita, calcarenita, calcilita hasta pelita o margas calcáreas. Estas facies transicionan de base a techo y han sido divididas en varios miembros o subsecuencias (Takayama *et al.*, 2002; Tada *et al.*, 2003; Goto *et al.*, 2008; De Huelbes, ed. 2013).

Las formaciones anteriores están cubiertas en el área por diversas unidades cenozoicas y además, depósitos innominados del Cuaternario (De Huelbes, ed. 2013; Iturralde-Vinent, ed., 2019).

En el área, la Formación Peñalver buza en general hacia el NE y aparece como antiformas con las que coincide el relieve positivo y más alto, en la superficie ondulada regional. Los cuerpos de esta unidad son alargados, más o menos paralelos entre ellos y se extienden en dirección sublatitudinal, cercana al E-O o ligeramente en dirección NO-SE (**Figura 1**). Las partes bajas del relieve, con área de mayor extensión, lo ocupa la Formación Vía Blanca. Ambas unidades se deformaron tectónicamente en conjunto durante la orogenia paleogénica temprana, con plegamiento de las secuencias en partes bastante abrupto, pero también, con frecuencia, afloran en forma de monoclinales con yacencias suaves.



Figura 1. Mapa geológico esquemático de la región Cabañas-Mariel con destaque de las formaciones Vía Blanca (Campaniano-Maastrichtiano) y Peñalver (Daniano más temprano), basado en mapa geológico 1: 100 000 (IGP, 2010).

Localidades mencionadas (punto azul): 1-Cabañas, 2 -Santa Isabel, 3 -Mariel (SE-1 y SE-2), 4 -Mariel oeste.

En la estructura geológica general, del CAVC y sus cuencas acuesta, fuero sobrecorrida y acrecionada hacia el NE, a través de fallas y planos subhorizontales de despegue, actuantes durante la orogenia. Posteriormente, en la etapa postorogénica en condiciones de distensión, estas fallas actuaron como de tipo normales entre los plegamientos, determinando la estructura actual del área, de bloques tipos host y graven. Estos procesos de diastrofismo del substrato intermedio, entre la Sierra del Rosario al oeste y el territorio La Habana-Mayabeque al este, junto a los efectos de la erosión, propiciaron el afloramiento de la sección basal de la Formación Peñalver. De este modo, esta área es posiblemente la mejor en Cuba occidental para observar los miembros inferiores de brecha y arenisca de grano grueso de esta unidad.

Es necesario señalar, que, como en el presente caso, solo fue posible trabajar en vista 2D, el análisis realizado posee un alcance limitado, pero, de todos modos, brinda un aporte al conocimiento de la parte basal de la Formación Peñalver, pues ofrece información nueva, ya que secciones como las que se muestran en el presente trabajo, no habían sido estudiadas en detalle hasta el momento en la estratigrafía regional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según la información disponible, a continuación, se brinda el análisis detallado sobre aspectos geométricos de las secciones 1 y 2 del Mariel.

Sección Estratigráfica no. 1

En la sección estratigráfica no. 1 (SE-1) se exhibe un depósito clástico-detrítico de grano grueso, con dimensiones del corte estimadas de unos 7 m de altura y 12 m de ancho, según cálculo basado en la estatura de la persona situada al pie del corte (**Figura 2**). Se observan grandes bloques (megabloques) con dimensiones de hasta 4 m de largo, de colores más oscuros, que destacan en la matriz de color claro. Se conoce que estos megabloques oscuros proceden de la erosión de las secuencias infrayacentes pertenecientes a la Formación Vía Blanca y que están contenidos en la matriz carbonatada de la Formación Peñalver.

Los megabloques y bloques oscuros en general, corresponden a litología menos competentes (limolita, lutita, pelita, marga y caliza arcillosa) y aunque muchos están subredondeados a redondeados, mantuvieron sus grandes dimensiones, respecto a los clastos calcáreos que conforman la matriz, que los engloba.

Se tomaron dos muestras de los megabloques en la cercana localidad Santa Isabel, situada al oeste del Mariel y donde también, aparecen abundantes bloques oscuros entre sedimentos detríticos, calcáreos claros, donde se obtuvo escasa información del lavado paleontológico realizado: *Globotruncaca* spp., *Globigerinelloides* spp., *Hedbergella* spp., radiolarios y foraminíferos bentónicos pequeños (FBP). Se puede acotar que los bloques oscuros muestreados poseen edades de Coniaciano a Maastrichtiano, además contienen microfósiles reelaborados (Fernández-López, 2000), de edades anteriores Cretácico temprano, Hauteriviano. Esta información es coherente con el registro microfósil de la Formación Vía Blanca (Takayama *et al.*, 2000; Molina *et al.*, 2000; Díaz-Otero *et al.*, 2003; Gil-González *et al.*, 2009; Arz *et al.*, 2022).

Morfología de los megabloques

El depósito de la SE-1 muestra un aspecto general caótico. En la parte baja de la sección aparece un bloque



Figura 2. Afloramiento artificial (SE-1) donde se extrajo material y se llevó a cabo el acondicionamiento civil del terreno en un área del Mariel. Dirección aproximada del corte: N-S (derecha-izquierda), espesor de unos 12 m (foto Iturralde-Vinent, ed., 2019).

gigantesco, de litología oscura, de unos 4 x 2 m de tamaño, también destacan otros megabloques en el fondo claro de la matriz calcárea (**Figura 1**).

El análisis cuantitativo, según una clasificación morfológica empírica de los megabloques (cantidad: 80 unidades, **Tabla 1**), resultó que el 67.5 % de ellos son subredondeados - subangulosos. Se aprecia una mezcla de bloques menores y clastos, sin una clara selección, ni por tamaño ni por forma.

Algunos megabloques en este depósito poseen una superficie plana inferior, según el buzamiento aparente apreciado (echada), las cuales tienden a ser paralelas entre ellas, al comparar los diferentes bloques (**Figura 2**). Mientras que, las superficies opuestas o superiores tienden a ser arqueadas, elipsoidales o cóncavas. Este rasgo denota que la superficie inferior plana y rectilínea participó en los procesos de transporte y desplazamiento por deslizamiento de los megabloques, entre o sobre la matriz detrítica calcárea. En general, estos megabloques tienen aspecto tabular.

También se identifican megabloques de aspecto más redondeado a subredondeado, aunque con ligeras diferencias entre su eje largo y el transversal correspondiente. Al parecer estos bloques fueron transportados y desplazados mediante cierto rodamiento sobre o entre el flujo detrítico que los englobó (**Figuras 2 y 5**). Existen en abundancia bloques oscuros, de semejanza composición que los megabloques, de menores tama-

ños relativos, con formas en general tabulares, con un eje largo claramente mayor que el transversal correspondiente, con bordes redondeados y en parte algo agudos (**Figuras 2**). Se deduce que expresan procesos de transporte de mayor duración y tal vez, con distancias recorridas más largas, lo cual provocaría un desgaste más reforzado. Los clastos de menores tamaños son relativamente limitados en cantidad respecto a los mayores y fue menor la posibilidad de su estudio, en este caso.

Yacencia de los megabloques

En el depósito se evidencia un predominio en el buzamiento (echada) de los megabloques al NE, con un 81.25 % y solo un 18.75 % de los echados al SO (**Figuras 2 y 3**). En cuanto a los ángulos de inclinación apreciados, los bloques muestran una tendencia principal entre los 30 - 50 grados del SO en la SE-1 (**Figura 3**). La media de unos 45 grados, que estaría cercana a la pendiente óptima de un deslizamiento gravitacional, lo que señala es la dirección y el sentido del emplazamiento de los megabloques y otros clastos en la imbricación, que tuvo lugar de forma episódica en el depósito, pero que es de esperar que los elementos de yacencia de estos cuerpos fueron alterados.

Orientación de los bloques oscuros

Para el plano del corte vertical en la SE -1, se deduce

CORTE MARIEL		
Frecuencia de valores		
Geometría de los bloques	Bloques con buzamiento NE	Bloques con buzamiento SW
Redondeados	1	1
Subredondeados	6	12
Angulosos	3	21
Subangulosos	5	31
No. bloques	15	65
Total de bloques	80	

Tabla 1. Clasificación geométrica de los bloques en la SE 1.

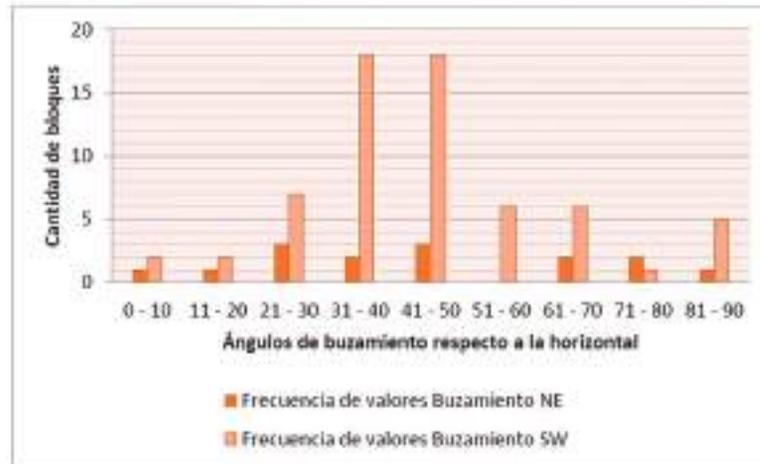


Figura 3. Distribución de los ángulos aparentes del buzamiento (echada) de los bloques mayores en la SE-1.

una orientación general cercana al NE-SO (**Figuras 2 - 4**). No se conoce con certeza, por no haberse podido medir, la yacencia de la unidad litoestratigráfica en el punto del análisis, aunque al parecer resulta bastante suave, si se tiene en cuenta la existencia de megabloques subhorizontales.

En la SE-1 los megabloques oscuros no evidencian una selección bien definida, aunque sí cierta gradación por partes o intervalos. En los flujos individuales deducidos se manifiesta el apilamiento de los mayores bloques oscuros debajo y los menores hacia arriba, con predominio de algunos ángulos de buzamiento y sus direcciones de yacencia (ver 1 al 6, en la **Figura 4**). Esta cierta ciclicidad, determina, en partes, una estratificación cruzada de ángulo alto, tal vez,

por constituir el rellenamiento sucesivo de los paleocanales producidos en el fondo del relleno por cada avalancha de sedimentos (**Figura 4**).

Los megabloques se sitúan en la parte baja de los aportes detríticos repetidos, donde se denota cierta gradación en cada flujo de aporte (ejemplos flujos 3-6). Según la textura de esta acumulación se deducen diferentes episodios de imbricación en la secuencia (más de seis en la imagen), ocurridos de izquierda (primeros, 1) a derecha (posteriores, 5-6), lo cual denota la acción de flujos de aporte en sentido de izquierda a derecha (SO-NE), según la ubicación geográfica actual (**Figuras 2 y 4**).

Un gran megabloque subhorizontal, situado en la base de la sucesión (izquierda, 1), funcionaría como

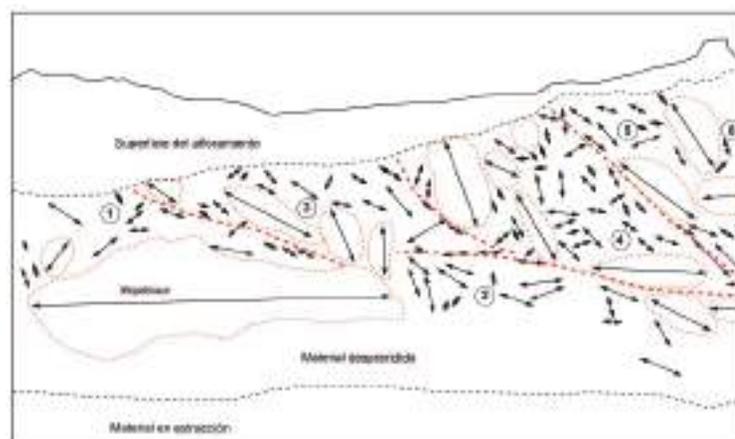


Figura 4. Esquema interpretativo de la foto en la SE-1 (**Figura 2**). Se aprecian los tamaños relativos de los megabloques, la orientación de sus ejes largos y las posibles superficies entre los episodios deposicionales.

un obstáculo al flujo detrítico, que condicionó las acumulaciones imbricadas superiores. Si se cuenta este, condicionalmente, como un flujo basal, se determinan hasta seis episodios en la acumulación de la vista 2D analizada. En la base de cada evento acumulativo y el techo del evento sucesivo inmediato, se deduce una superficie erosional-deposicional (líneas rojas discontinuas, **Figura 4**). Los planos de estas superficies tienden a aumentar su inclinación aparente de izquierda a derecha, es decir, de los primeros a los posteriores (de 1 a 6), que revela también la dirección y sentido del aporte, más posiblemente de SO a NE.

En estas últimas se asentarían los megabloques y hacia arriba con agradación, el resto de los bloques oscuros y clastos menores, todos englobados en la matriz detrítica clara menos gruesa (**Figuras 2 y 4**). En el episodio deposicional siguiente, sobre el megabloque gigante, se observa una aparente imbricación sucesiva de al menos tres megabloques separados por un espacio ocupado por la matriz, donde los ángulos de imbricación entre ellos van de menor (el primero, menos de 45 grados), a mayor muy inclinado (cerca de 70 grados) y el tercero vertical (centro de imagen, sobre el megabloque mayor). De igual manera, esta fábrica organizada no demuestra con certeza el sentido del aporte general.

En el resto de los episodios que le continuaron, en general la tendencia es a que los megabloques exhiban ángulos de yacencia más inclinados que los del basal, tendiendo a ocupar una posición cuasivertical en los últimos episodios deposicionales (a la derecha en la **Figura 4**) de la sección general.

Relación bloques / matriz

Para el afloramiento de la SE-1 de Mariel, según el cálculo de las diferentes áreas (37.21 m², como el 100 %), la relación megabloques / matriz, se estableció que existe un predominio de la matriz calcárea (57 %), mayor que la correspondiente a los bloques medidos (43 %). Aquí los megabloques solo se apoyan unos sobre otros en ciertos puntos, separados por el detrito calcáreo y desde este punto de vista, el depósito corresponde a una textura matriz-soportada (**Tabla 2**).

Se asume, según los datos anteriores, de los megabloques y demás bloques oscuros menores, constituidos por litologías arcillo arenosas propias de la Formación Vía Blanca, que esta unidad fue erosionada y aportó un gran volumen de materiales al flujo detrítico que conformó la matriz de la Formación Peñalver.

Relación bloques / matriz	Afloramiento	Bloques	Matriz
Área total (m ²)	37,21	16,03	21,18
Por ciento	100	43,07	56,92

Tabla 2. Relación bloque/matriz.

Secciones estratigráficas no. 2

La sección estratigráfica no. 2 (SE-2) de Mariel (**Figura 5**), está situada en la misma área que la SE-1. Por sus características ambas secciones son muy semejantes, con ligeras diferencias, las cuales es posible apreciar a continuación.

La SE -2 está orientada en dirección aproximada NO-SE (derecha a izquierda en la foto, **Figuras 5**). En general los bloques tienen una morfología diversa, algunos megabloques posee extremos visibles redondeados a subredondeados, otros de menores tamaños tienen terminaciones más redondeadas.

En este corte no se nota una granoclasificación definida, el aspecto general es algo caótico, pero con ciertos niveles ordenados, pues los megabloques y bloques mayores exhiben una orientación dada, que marca por partes una estratificación más clara, como es hacia su extremo derecho (NO) (**Figuras 5 y 6**). Hacia el lado opuesto (SE) son menos los megabloques visibles en el plano 2D analizado, con predominio de bloques y clastos oscuros algo alargados, con formas más aguzadas en los extremos.



Figura 5. Sección estratigráfica 2, comparable a la SE-1. Posible dirección del corte NW-SE (derecha a izquierda). (foto Ayra Beauzay).

Al centro-arriba en la sección (**Figura 5**), aparece un megabloque pardo-oscuro, en posición aparente horizontal. Nótese, al lado izquierdo de este bloque pardo-oscuro, la acumulación de clastos oscuros pequeños, con cierto carácter caótico en su deposición. Sin embargo, en su lado opuesto, aparece solo la matriz detrítica clara, sin clastos oscuros. Aquí se revela el posible sentido del transporte y el emplazamiento de izquierda a derecha (en la imagen) del me-

gabloque pardo-oscuro, siguiendo el sentido del flujo general del aporte y la imbricación de los megabloques en la sucesión (S a N).

Como en la SE -1, aquí se interpretan ciertos planos o superficies de deposición, que definen una estructura formada por varios eventos en el aporte del material clástico detrítico (**Figuras 5 y 6**). Estas superficies aparecen subparalelas entre ellas, en partes con cierta convexidad hacia arriba y también cortadas entre sí. Por simple comparación en esta sección, el área ocupada por los bloques oscuros y aquella de la matriz calcárea, parecen ser bastante equivalente. En algunas partes del depósito, la matriz en la superficie inmediata bajo los bloques, parece más clara, más molida y compactada, con una probable mayor cementación (**Figuras 5**).

El predominio de los ejes largos en posiciones subhorizontales y en forma de acumulaciones episódicas, parece reflejar el proceso de rellenamiento sucesivo de canales erosionales sinsedimentarios (**Figura 5 y 6**). En este caso la sección podría corresponder a una dirección más transversal a la dirección principal de los flujos de aporte.

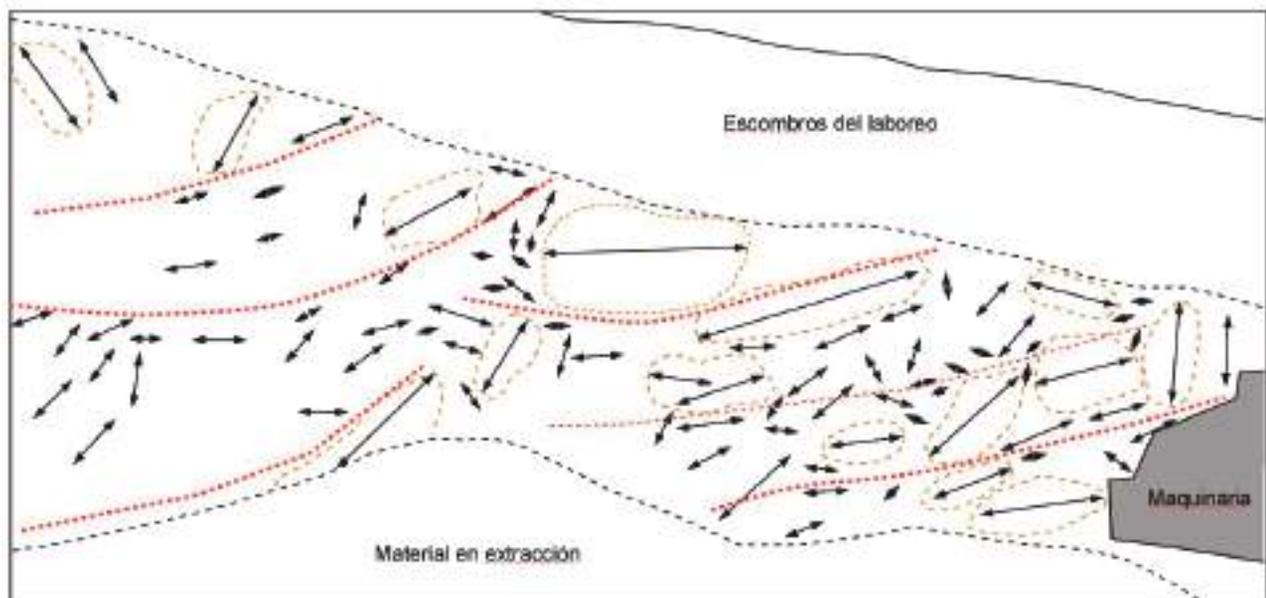


Figura 6. Esquema de la SE-2 según de la foto (según la **Figura 5**) sobre los tamaños relativos, direcciones de los ejes largos de los bloques y superficies de acumulación deducidas.

Comparación entre las secciones

La medición de los ángulos de buzamiento aparente (echada) de forma aleatoria, de megabloques y bloques mayores, en ambas secciones estudiadas (**Tabla 3**), revela que el buzamiento de los bloques tiene un predominio a la semiesfera norte en los dos sitios: cerca del 75 % de las mediciones en la SE-1 y más del 80 % en la SE-2.

Secciones estratigráficas:	SE 1		SE 2	
	Valores de Frecuencia			
Ángulos	NE	SO	NE	SO
0 - 10	1	9	2	2
11 - 20	2	8	4	5
21 - 30	1	7	2	9
31 - 40	1	5	1	9
41 - 50	0	6	1	3
51 - 60	2	2	2	6
61 - 70	1	3	1	3
71 - 80	1	2	0	3
81 - 90	1	3	1	1
Subtotales:	10	45	14	41
%	18,18	81,81	25,46	74,54
Mediciones:	n: 55		n: 55	

Tabla 3. Ángulos de buzamientos de los megabloques (en grados).

En la SE-1 predominan el buzamiento de los bloques entre 20-40 grados al N en general y algunos más inclinados entre 51-60 grados. Una menor cantidad buzán al S con ángulos 10-30 grados. En la SE-2 los elementos de yacencia apreciados se comportan algo diferentes, pues la mayoría exhibe ángulos de buzamiento entre la horizontal y los 50 grados al N, los demás poseen escasos valores.

Paleoambiente de sedimentación del depósito Mariel

En este caso, se generaliza que el depósito del Mariel, según las grandes dimensiones de sus bloques, la escasa selección, el bajo grado de redondeamiento y el

alto porcentaje de matriz que los contiene, se haya acumulado relativamente próximo al área fuente que originaría el material sedimentario areno-arcilloso, que conforma los megabloques y bloques, oscuros. Estas acumulaciones, se consideran a los megabloques, es un depósito matriz soportado, que fue condicionado por una actividad tectónica (en zona de pliegues y fallas) en el borde o incluso en el interior de la cuenca, tal vez, con la ocurrencia de bloques levantados, susceptibles a la erosión inducida por sismos y tsunamis (**Figuras 7 y 10**).

Ello resultaría en un fondo marino irregular, con derrumbe y desplazamiento de bloques que fueron erosionados de la formación subyacente (Formación Vía Blanca), con su adición al flujo detrítico o de grano que dio origen al miembro basal e inferior de la Formación Peñalver (Takayama *et al.*, 2000; Tada *et al.*, 2003; Goto *et al.*, 2008; Villegas-Martín y Rojas-Consuegra, 2011; Rojas-Consuegra y Núñez-Cambra, 2017).

Contexto del área de la sedimentación del Mariel

En la estimación del paleoambiente del depósito de Mariel, se tomaron como referencias las características de la deposición valoradas en otras localidades del territorio Artemisa-Matanzas, donde han sido estudiadas en detalle otras secuencias de la Formación Peñalver (Tada *et al.*, 2003; Goto *et al.*, 2008; Arz *et al.*, 2022) (**Tabla 4**).

Por ejemplo, en el holoestratotipo la Formación Peñalver está representada por una secuencia que se depositó entre los 500 y 600 m de profundidad, correspondiente al talud superior a medio de la cuenca (Brönniman y Rigassi, 1963; Takayama *et al.*, 2000). Allí la sucesión granodecreciente concluye con calcarenita, calcilitita y pelita calcárea (Takayama *et al.*, 2000; Tada *et al.*, 2003; Goto *et al.*, 2008).

En la parte oeste de la región de estudio, en el depósito de Santa Isabel (número 2, **Figura 1**) situado cerca de localidad de Cabañas, se observaron algunos megabloques en la parte más baja de la secuencia basal de Peñalver, también abundantes bloques y clastos oscuros hacia arriba dentro del miembro inferior

(Figura 7.C). Se considera que esta acumulación ocurrió en el talud superior de la plataforma hacia la cuenca, pues existen superficies con rellamamiento de un paleocanal y estratificación cruzada, que señala la acción de corrientes erosivas en el fondo (Tada *et al.*,

2003; Goto *et al.*, 2008). Esta sucesión granodecreciente pasa desde calcirudita a calcilitita y marga, con cierta ritmicidad entre las últimas y exhibe un considerable espesor (Takayama *et al.*, 2000; Molina *et al.*, 2000; Arz *et al.*, 2022).

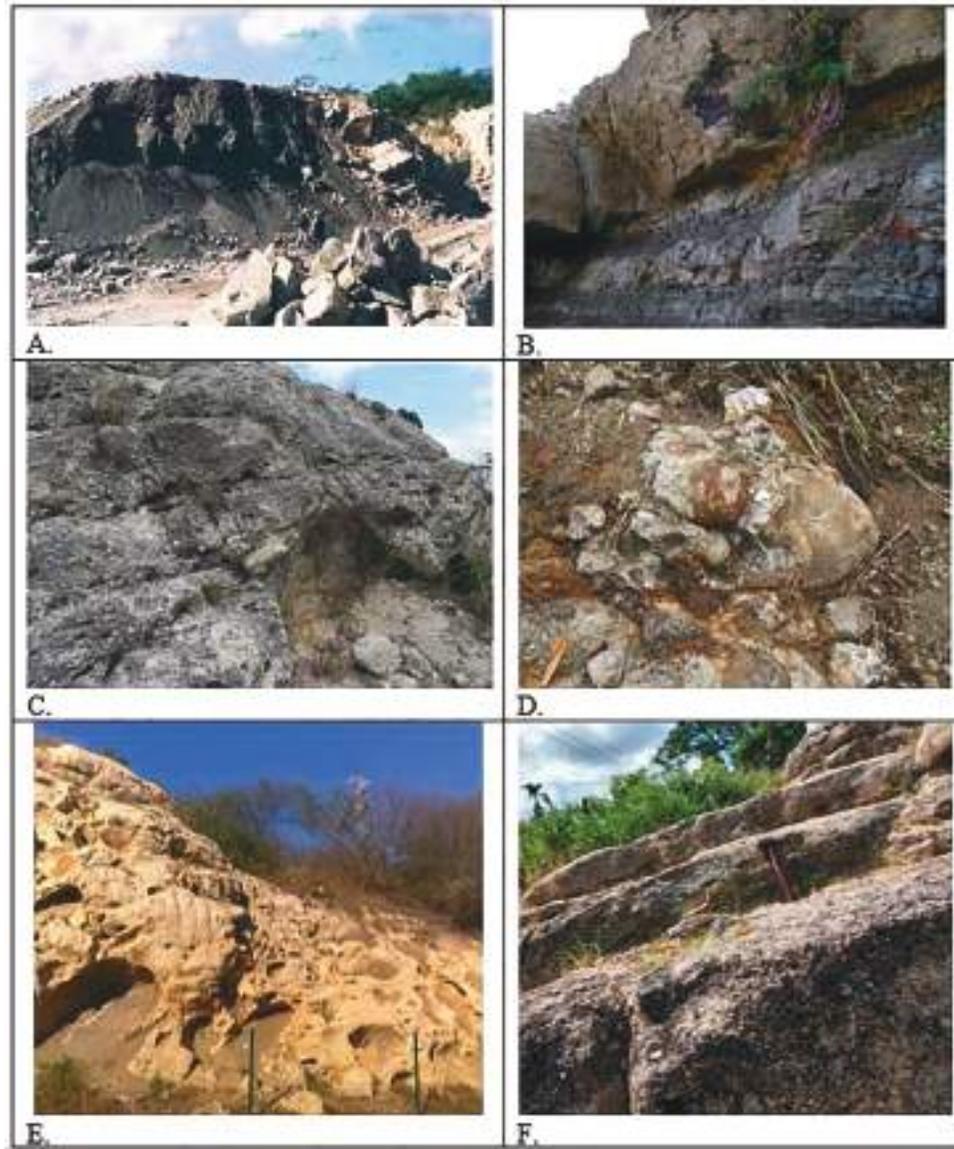


Figura 7. Los megabloques y clastos oscuros que aparecen en el miembro basal de la Formación Peñalver provienen de la erosión de la Vía Blanca y del AVC: A – Olistolito de una secuencia arenoso-lutífica carbonosa entre calcirudita; B – Megabloque de calcarenita y lutita estratificadas entre calcirudita, ambos en la cantera Victoria I; C – niveles de bloques y clastos arenoso-lutíficos entre calcirudita en Santa Isabel; D – conglomerado polimíctico en Victoria I; E – Megabloques arenoso-lutíficos entre calcirudita en el Mariel (Foto cortesía de Rolando Batista); F – Cuerpos amalgamados de calcirudita con clastos oscuros en su base en Cabaña.

Una situación comparable se deduce para el depósito de Cabañas, donde se repiten varias veces capas de conglomerado-brecha, calcirudita a calcarenita de grano grueso, que también contienen clastos oscuros como en Santa Isabel. Se observan repetidos episodios de erosión y deposición, con un ligero afinamiento del grano hacia arriba (**Figura 7.F**). No se reconoció en el campo la continuidad de la sucesión hacia arriba (Tada *et al.*, 2003; Samón-Isaac y Fernández-Casanova, 2023).

Según la geología de la región (**Figura 1**), el depósito del Mariel está situado geográficamente más hacia el norte que el resto de las principales localidades de la Formación Peñalver estudiadas en detalle en el territorio Artemisa-La Habana. Sin embargo, la presencia en los afloramientos de los peculiares miem-

bro basal e inferior de la unidad, señala un área deposicional al parecer también relativamente cercana del talud (**Figuras 7**).

Este hecho contrasta con la localidad tipo de Peñalver, situada al SE, para la que se interpreta un medio deposicional relativamente profundo. Esta ubicación muestra un entorno geotectónico diferente para ambas áreas, donde la región del Mariel-Cabañas está desplazada a través de fallas transcurrentes (rumbos NE-SO) hacia el NE, respecto a la región del SE de La Habana (canteras Victoria, Minas y localidad tipo). Estas fallas separan pliegues apretados, por lo que sus planos verticalizados actualmente, actuaron como fallas normales en la etapa distensiva final de la orogenia, formando un sistema host-graven, más acentuado en el relieve actual producto de la erosión postorogénica.



Figura 8. Unidad de la homogenita con nivel de estructuras de escape tipo pilares y bloque brechoso de intraclastos (debajo) en la localidad no. 4, parte de oeste del Mariel.

Características	Localidad Tipo	Cidra	Isabel	Mariel
Espesor total (m)	+180	+85	80	Decenas
Área deposicional	Cuenca abierta	Cerca del AVC	Cerca del AVC	Semejante
Unidad Inferior				
Espesor (m)	30	18	45	+10
Cantidad de capas de calcirudita	1	2	5	+7 oscilaciones
Profundidad deposicional relativa	Profunda	Somera	Somera	Somera(?)

Tabla 4. Variación lateral de las características sedimentológicas de la Formación Peñalver (Goto *et al.*, 2008) y en el área del Mariel.

No obstante, en la localidad no. 4 (**Figura 1**), situada al oeste del Mariel, está expuesta la homogénita o unidad superior (Miembro Medio, subunidad A de Goto *et al.*, 2008) de Peñalver, con un espectacular nivel de abundantes estructuras de escape, en particular pilares y pipas bien expresadas. También se observan intraclastos de aspecto brechoso, como proveniente de la erosión de una secuencia calcárea de talud (**Figuras 8 y 9**). Esta sección, indica que, en esta área la unidad es comparable a la sección del holoestratotipo, por lo que su profundidad de deposición fue también significativa.

Evolución del paleoambiente en la región

Un modelo de los cambios que afectaron la región occidental en general y por ende a los depósitos del límite K-Pg, se ilustra a continuación (**Figura 9**):

9.A – Preimpacto. Al final del Maastrichtiano existió una plataforma carbonatada somera (“Pre-Peñalver”) sobre el CAVC, donde también se acumuló la Formación Vía Blanca. Esta porción de la cuenca se ubicaba más probablemente a 100-200 km al S-SO de posición la actual de la región.

9.B – Postimpacto inmediato: Por efectos del impacto de Chicxulub, como consecuencia del golpe sísmico y los tsunamis, la fisiografía (batimetrías locales) en la región sufrió drásticos cambios. En algunas áreas quedaron relictos erosivos de la plataforma somera y fue erosionada parcialmente la Formación Vía Blanca.

9.C – Postimpacto temprano: En extensas áreas la superficie erosional alcanzó mayor profundidad en el

corte, eliminando la plataforma somera, llegando a quedar expuestas las rocas del CAVC y las facies proximales de Vía Blanca también fueron obliteradas. Quedarían relictos de las secuencias de margen de la plataforma y del talud superior, como son las “calizas Bacuranao” (Brönnimann y Rigassi, 1963), con facies claramente de talud, extendidas como franja discontinua regional (Albear e Iturralde-Vinent, 1985) y que transicionan posiblemente a los depósitos de Peñalver.

Al arribar los flujos gravitacionales detríticos al talud y la parte proximal de la cuenca, provenientes de la plataforma nerítica calcárea destruida y de forma parcial del CAVC, darían lugar a los depósitos de Peñalver por efectos de los repetidos tsunamis. Estos flujos granulares erosionarían zonas falladas y la pendiente del talud, e incorporarían a su vez, los megabloques y bloques oscuros a la corriente turbidítica de alta densidad, quedando envueltos en la matriz calcárea. La acumulación del depósito mezclado debió ocurrir a una distancia cercana en relación a la fuente de aporte, una posible zona de escarpa tectónica o al pie del talud.

D – Postimpacto tardío: En condiciones del talud y la cuenca se consolida la acumulación de las diferentes secuencias faciales de la Formación Peñalver a diferentes profundidades.

Las repeticiones deducidas en el depósito del Mariel (también en Cabañas, Santa Isabel y localidad tipo) reflejan los eventos deposicionales episódicos, producidos por la llegada de diferentes flujos de granos desde la parte alta del relieve de la cuenca, debido a la

acción de los repetidos tsunamis sobre la plataforma y el talud superior. La ausencia de las facies finas en algunas de las secciones estudiadas parece deberse más a la competencia de las diferentes litologías ante la erosión.

Por otro lado, de acuerdo a este modelo (**Figura 9.D**), se sitúan las principales localidades mencionadas en el presente estudio. Como se presupone, la exposición particular del miembro basal de la Formación Peñalver en la región del Mariel (en varias áreas afloradas), ha sido posible gracias al diastrofismo sufrido por el substrato mesozoico deformado en este bloque tectónico, de esta región situada al este de Sierra del Rosario.

Cabe mencionar que, en el subsuelo en la parte más septentrional litoral del área donde aflora Peñalver, el corte del pozo Mariel Norte 1X (próximo a la locali-

dad no. 3) atravesó una secuencia granodecreciente del K-Pg arriba correspondiente a esta unidad; y una debajo que según el file del pozo ha sido asignada a la Formación Cacarajícara (Castro-Castiñeira *et al.*, 2023; Rojas-Consuegra *et al.*, 2023). A la luz del presente análisis, esta situación merece ser revisada, dada sus implicaciones en el modelo para la exploración de hidrocarburos en la región.

En general, de acuerdo a la paleogeografía deducida para el final del Cretácico tardío (Pszczolkowski, 1999; Goto *et al.*, 2008; Cobiella *et al.*, 2015; Rojas-Consuegra *et al.*, 2020; Rojas-Consuegra *et al.*, 2021), las homogenitas correspondientes a varias unidades del K-Pg en la región occidental, se mezclarían debido a las corrientes reflejadas repetidamente en las márgenes litorales del Proto-Caribe. Este es un aspecto que merece una mayor atención en indagaciones futuras.

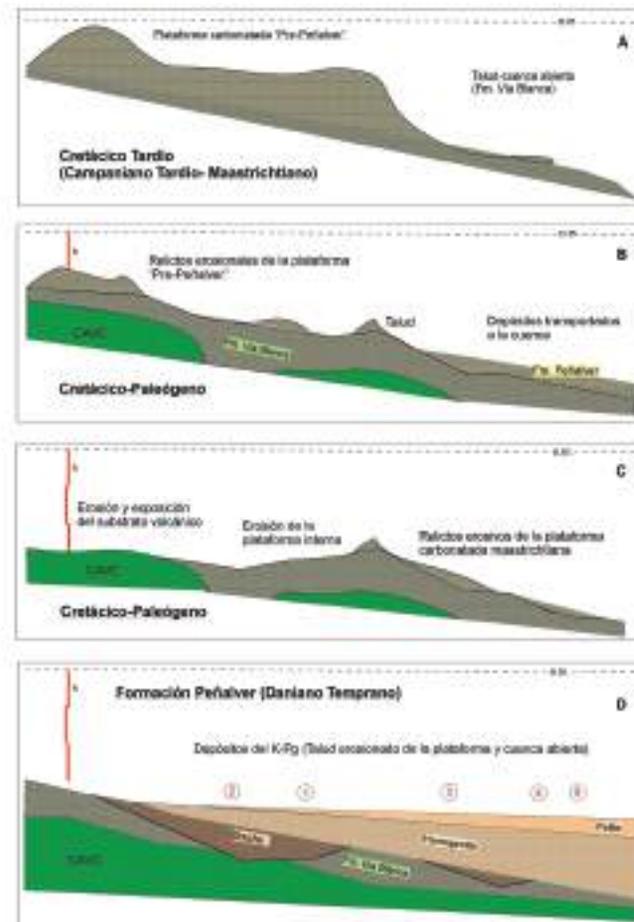


Figura 9. Modelo de las condiciones paleoambientales de acumulación de las secuencias de la Formación Peñalver. 1-Cabañas, 2 -Santa Isabel, 3 -Mariel, 4 -Mariel oeste y 5 -localidad tipo.

CONCLUSIONES

El estudio de las secciones estratigráficas del Mariel en Cuba occidental, adicionan un depósito inédito desde el punto de vista sedimentario, de tipo clástico muy grueso, a aquellos originados en el límite Cretácico – Paleógeno en la región situada al este del cráter de Chicxulub y que son conocidos como el miembro basal de brecha de la Formación Peñalver.

Su origen estuvo relacionado con el derrumbe de secuencias expuestas en la plataforma somera maastrichtiana, su talud, posiblemente también en zonas de fallas y de bloques horst dentro de la propia cuenca a cuesta (piggy-back basin) del complejo de arcos volcánicos cretácicos en el Procaribe, provocado por el golpe sísmico del impacto del K-Pg y que se mezclaría con los flujos gravitacionales detríticos inducidos por los repetidos tsunamis, resultando en una particular acumulación clástica muy gruesa en el talud inferior extendido hacia el interior de cuenca, que alcanzaría decenas de kilómetros de ancho en dirección norte-sur.

El diastrofismo provocado por procesos tectónico y erosional sufrido por la región del bloque Cabañas - Mariel, situado al este de la Sierra del Rosario, durante la evolución y consolidación del orógeno cubano en el Cenozoico temprano, conllevó a la amplia presencia actual en afloramientos, de la brecha basal de la Fm. Peñalver.

El conocimiento alcanzado sobre la sedimentogénesis de Peñalver admitió el esbozo de un modelo sedimentológico y evolutivo de la acumulación del K-Pg en la región, donde situar la posición paleobatimétrica de las localidades estudiadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los colegas: M.Sc. Rolando Batista, Lic. Carlos M. Ayra Beauzay y Dr. C. Enrique Castellanos Abella por su ayuda con las imágenes, al M.Sc. Carlos Perera Falcón y la Lic. Karen Carballo Rosado del Laboratorio de Bioestratigrafía del Ceinpet por el análisis de muestras paleontológicas, al Dr. Cs. Osvaldo Rodríguez Morán por su apoyo editorial, a la Dra. Olga Castro Castiñeira y al Dr. Cs. Manuel Pardo Echarte, colegas del Ceinpet, por sus importantes revi-

siones de la versión inicial, a los árbitros por sus útiles comentarios, al Departamento de Geociencias de la Universidad «Hermanos Saíz» de Pinar del Río por la colaboración con los alumnos atendidos en su Tesis de Grado y al Ceinpet, el entorno de nuestra labor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albear Fránquiz, J. F. de, Iturralde Vinent, M. A.,** 1985, Estratigrafía de las provincias de La Habana, en Contribución a la Geología de las provincias de La Habana y Ciudad de La Habana: Editorial Científico-Técnica, La Habana, p. 12-54.
- 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 [Consuegra], R., Calmus, T., and Gilabert, V.,** 2022, No evidence of multiple impact scenario across the Cretaceous/Paleogene boundary based on planktic foraminiferal biochronology, in Koberl, C., Claeys, P., and Montanari, A., eds., From the Guajira Desert to the Apennines, and from Mediterranean Microplates to the Mexican Killer Asteroid: Honoring the Career of Walter Alvarez: *Geological Society of America Special Paper 557*, 34 pp.
- Brönniman, P. and Rigassi, D.,** 1963, Contribution to the Geology and Paleontology of the Area of the city of La Habana, Cuba, and its Surroundings: *Eclogae Geologicae Helvetiae*, p. 261-280.
- Castro Castiñeira, O., Torres Díaz, M., Barcala Álvarez, R., Rojas Consuegra, R.,** 2023, Particularidades de la Formación Cacarajícara en los registros de pozo: *Revista Petrociencias*, 15, 24-30.
- Cobiella, J.L., Cruz Gámez. E.M., Blanco Busta-**

- mante, S., Pérez Estrada, L., Gil González, S., Pedraza-Rozón, Y.,** 2015, Cretaceous-Paleogene boundary deposits and paleogeography in the western Cuba: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 32(1), 156-176.
- De Huelbes Alonso, J. (ed.),** 2013, *Léxico Estratigráfico de Cuba*. Instituto de Geología y Paleontología de Cuba, La Habana, (cd-rom), 573 pp.
- Díaz Otero, C., Arz, J.A., Arenillas, I., Molina, E. y Corona, C.,** 2003, Nuevas consideraciones sobre la edad de la Formación Vía Blanca, en V Congreso Cubano de Geología y Minería, La Habana: Sociedad Cubana de Geología, Memorias, (cd-rom).
- Díaz-Otero, C., Iturralde Vinent, M.A., García Delgado, D.,** 2000, The Cretaceous–Tertiary Boundary “Cocktail” in Western Cuba, Greater Antilles [abs.], in *Catastrophic events and mass extinctions: Impact and beyond*: Houston, Texas, Lunar and Planetary Institute, LPI Contribution No. 1053, 37-38.
- Gil-González, S., Díaz-Otero, C. y García-Delgado, D.,** 2009, Consideraciones bioestratigráficas de los depósitos siliciclásticos en Cuba en cuenca piggy back del Campaniano Maastrichtiano, en III Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, La Habana: Sociedad Cubana de Geología, Memorias, (cd-rom).
- Goto, K., Tada, R., Tajika, E., Iturralde-Vinent, M.A., Matsui, T., Yamamoto, S., Nakano, Y., Oji, T., Kiyokawa, S., García-Delgado, D.E., Díaz Otero, C., and Rojas Consuegra, R.,** 2008, Lateral lithological and compositional variations of the Cretaceous/Tertiary deep-sea tsunami deposits in northwestern Cuba. *Cretaceous Research*, 29(2), 217-236.
- Hildebrand, A., Penfield, G., Kring, D., Pilkington, M., Camargo, Z. and Jacobsen, S.,** 1991, Chicxulub Crater: A possible Cretaceous/Tertiary boundary impact crater on the Yucatán Peninsula, Mexico: *Geology*, 19, 867-871.
- Iturralde Vinent, M. A. (ed.),** 2019, *Geología de Cuba y del Caribe*. Compendio: Tercera Edición, Editorial CITMATEL, La Habana, Cuba (cd-rom).
- Iturralde Vinent, M.,** 1992, A short note on the Cuban late Maastrichtian megaturbidite (an impact-derived deposit?): *Earth Planetary Science Letters*, 109, 225-228.
- Instituto de Geología y Paleontología - IGP,** 2010, *Mapa Geológico Digital de la República de Cuba a escala 1:100 000*: Instituto de Geología y Paleontología, Servicio Geológico de Cuba, La Habana, Cuba.
- Molina, E., Arenillas, J.I., Arz, J.A., Díaz Otero, C., García Delgado, D., Meléndez, A. y Rojas-Consuegra, R.,** 2002, Micropaleontología, cronoestratigrafía y sedimentología del límite Cretácico/Terciario en el NO de Cuba: *Geogaceta*, 32, 287-290.
- Pszczolkowski, A.,** 1999, The exposed passive margin of North America in western Cuba. En: P. Mann (ed.), *Caribbean sedimentary of the world*: Series Editor K.H. Hsü Elsevier, Amsterdam, 4, 93-121.
- Rojas Consuegra, R., Castro Castiñeira, O., Torres Díaz, M.,** 2023, Rasgos diagenéticos en las secuencias de la Unidad Clástica Compleja del K-Pg “Cacarajícara”, Cuba occidental, en *Geociencias’2023, Estratigrafía y Paleontología*, La Habana: Sociedad Cubana de Geología, Memorias, (cd-rom), GEO2-P1, 14 pp. ISSN 2307-499X
- Rojas Consuegra, R. y Núñez- Cambra, K.** 2017, Guía para la excursión al límite K-Pg en Cuba occidental, en VII Convención de Ciencias de La Tierra, La Habana: Sociedad Cubana de Geología, Memorias, (cd-rom), 34 pp.
- Rojas Consuegra, R.,** 2020, Capítulos Discusión (Bloque 9A), en Rojas Consuegra, R. *et al.* 2020, Informe final del Proyecto 9038 «Reevaluación estratigráfica integral de bloques para la exploración de hidrocarburos»: Ceinpet – Instituto de Geología y Paleontología / Servicio Geológico de Cuba, Archivo Técnico de Ceinpet, (cd-rom), pp. 95-114 (inédito).

- Rojas Consuegra, R., De Huelbes Alonso, J.,** 2021, Supergrupo cronoestratigráfico del evento K-Pg (Daniano basal): una propuesta para el Léxico Estratigráfico de Cuba, en XIV Convención de Ciencias de La Tierra, La Habana: Sociedad Cubana de Geología, Memorias, (cd-rom), 18 pp.
- Rojas Consuegra, R., Nieves Flores, A., Delgado, O., Tamayo, Y., Rosell, Y., Pérez Peña, M. V., Torres Díaz, M., Miquel Gonzáles, L., González, O., Blanco, S., Griñan, I.B.,** 2021, Esquema estratigráfico del límite Cretácico – Paleógeno (K-Pg) en el margen continental norteamericano, Cuba septentrional, en XIV Convención de Ciencias de La Tierra, La Habana: Sociedad Cubana de Geología, Memorias, (cd-rom), 19 pp.
- Samón Isaac, G. y Fernández Casanova, M.A.,** 2023, Estudio sedimentológico de depósitos de la Formación Peñalver, municipio Mariel, provincia Artemisa, Cuba occidental: Pinar del Río, Cuba, Universidad Hermanos «Hnos. Saíz Montes de Oca», Tesis de Grado, 66 pp.
- Tada, R., M. A. Iturralde Vinent, T. Matsui, E. Tajika, T. Oji, K. Goto, Y. Nakano, H. Takayama, S. Yamamoto, S. Kiyokawa, K. Toyoda, D. García-Delgado, C. Díaz-Otero, and R. Rojas Consuegra,** 2003, K/T boundary deposits in the Paleo-western Caribbean basin, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: 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., Hasegawa, T. and Toyoda, K.,** 2000, Origin of the Peñalver Formation in northwestern Cuba and its relation to K/T boundary impact event: Sedimentary Geology, 135(1-4), 295-320.
- Villegas Martín, J. y Rojas Consuegra, R.,** 2011, Icnogénero Teredolites en megabloques del límite Cretácico – Paleógeno (K/Pg), Formación Peñalver, Cuba occidental: Revista Paleontología Española, 46(1), 45-52.

