

Reelaboración tafonómica de entidades fósiles del Cretácico en depósito del Paleógeno San Vicente, Cuba central

Reinaldo Rojas Consuegra¹

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.*

RESUMEN

La localidad en donde se colectaron los restos fósiles estudiados es la finca San Vicente, situada al noreste del poblado Jicotea, parte oeste de la provincia Ciego de Ávila, en Cuba central. En el depósito fosilífero paleogénico, la mayoría de las entidades observadas son macrofósiles del Cretácico Tardío. Este problema, de aparente contradicción es posible dada la manifestación del proceso de reelaboración tafonómica en el registro fósil de la secuencia investigada. El objetivo principal del presente trabajo es el de dar a conocer los resultados de las observaciones realizadas sobre los sedimentos y las entidades conservadas recuperadas (macrofósiles de invertebrados y vertebrados) en esta localidad. Los métodos empleados fueron aquellos propios del análisis tafonómico, sobre las entidades y elementos conservados, registrados mediante colectas repetidas, y la deducción de los procesos tafonómicos que tuvieron lugar en el contexto paleontológico examinado, en relación directa con la estratigrafía y la evolución paleogeográfica regionales. Se determinaron los procesos de producción biogénica y tafogénica acaecidos durante la evolución geoambiental del de-

pósito. Allí tuvo lugar la producción biogénica inicial, acumulación y enterramiento de diversidad de conchas de rudistas, así dio comienzo su alteración tafonómica, mediante recristalización, rellenamiento, cementación, fragmentación, encostramiento y bioerosión. Estos procesos ocurrieron en el ambiente de una plataforma carbonatada nerítica durante el Cretácico Tardío Mastrichtiano. Las entidades reelaboradas exhiben fracturación, abrasión, disolución, redondeamiento, pulimento, encostramiento, rellenamiento, cementación y permineralización. La acumulación final de las entidades reelaboradas ocurrió en el lapso Paleoceno a Eoceno Medio. Entre los fósiles identificados, los rudistas mostraron una alta redundancia tafonómica. El predominio de sus diversos moldes internos, apunta a la máxima eficacia tafonómica de estos y a una mayor conservabilidad que las propias conchas. Algunas especies como *Titanosarcólites giganteus* y varios radiolítidos, fueron los responsables de la producción tafogénica de numerosos y variados moldes, en su mayoría derivados del relleno de sus cavidades corporales, las accesorias y los canales paleales. La caracterización tafonómica de los elementos y entida-

Rojas-Consuegra, R., 2021, Reelaboración tafonómica de entidades fósiles del Cretácico en depósito del Paleógeno San Vicente, Cuba central: Geociencias UO. v. 13, núm. 1, junio 2024. pp. 37-53

des registradas (macrofósiles) en el sitio, permitió mediante el análisis tafonómico, reconocer el estado mecánico de aquellos taxoregistros, como entidades reelaboradas. Las entidades acumuladas, que contienen los sedimentos más finos o la matriz del depósito fosilífero, son microfósiles como los foraminíferos, de edades propias del Paleógeno. Es así que, la asociación registrática de San Vicente corresponde a un depósito fosilífero secundario paleogénico, pero originado a consecuencia de la destrucción y reelaboración de una acumulación primaria cretácica. El contexto geológico, la diversidad de elementos conservados, los procesos tafonómicos verificados y la probable paleogeografía deducida, hacen de San Vicente un geosítio de particular interés paleontológico y excelente objeto de significativa relevancia patrimonial, útil para contribuir al conocimiento sobre el registro fósil de Cuba.

Palabras clave: Alteración y reelaboración tafonómica, invertebrados cretácicos, depósito paleontológico del Paleógeno, Cuba.

ABSTRACT

The collection location of the studied fossil remains is the San Vicente farm, located northeast of the Jicotea town, western part of the Ciego de Ávila province, in central Cuba. In the paleogenic fossiliferous deposit, most of the entities observed are Late Cretaceous macrofossils. This apparent contradiction is possible given the manifestation of the process of taphonomic re-elaboration in the fossil record of the investigated sequence. The main objective of this work is to present the results of the observations made in the sediments and the preserved entities recovered (invertebrate and vertebrate macrofossils) in this locality. The methods used were those typical of taphonomic analysis, on the entities and conserved elements recorded through repeated collections, and the deduction of the taphonomic processes that took place in the investigated paleontological context; intrinsically linked to stratigraphy and regional paleogeographical evolution. The biogenic and taphogenic production processes that

occurred during the geoenvironmental evolution of the deposit were determined. The initial biogenic production, accumulation and burial of rudista shell diversity took place, thus beginning its taphonomic alteration, through recrystallization, filling, cementation, fragmentation, crusting and bioerosion. These processes occurred in the environment of a neritic carbonate platform during the Maastrichtian Late Cretaceous. Reelaborated entities exhibit fragmentation, abrasion, dissolution, rounding, polishing, crusting, filling, cementation, and permineralization. The final accumulation of the reelaborated entities occurred in the Paleocene to Eocene epoch. Among the fossils studied, the rudists showed a high taphonomic redundancy. The predominance of its various internal moulds, points to the maximum taphonomic efficacy of these and to a greater conservability than the shells themselves. Some species, such as *Titanosarcolithes* gigantes and several radiolitids, were responsible for the taphogenic production of numerous and varied molds, mostly typical of their body cavities, accessories, and paleal canals. The taphonomic characterization of the elements and entities recorded (macrofossils) in the study site, allowed through taphonomic analysis, to recognize the mechanical state of those taxorecords as reelaborated entities. The accumulated entities, which contain the finest sediments or the matrix of the fossiliferous deposit, correspond to microfossils such as foraminifera of Paleogene ages. Thus, the San Vicente registratic association corresponds to a Paleogene secondary fossil deposit, but originated as a consequence of the destruction and reelaboration of a Cretaceous primary accumulation. The geological context, the diversity of preserved elements, the verified taphonomic processes and the probable deduced paleogeography, make San Vicente a geosite of particular paleontological interest and an excellent object of significant patrimonial relevance to increase knowledge about the fossil record of Cuba.

Key words: Taphonomic alteration and reelaboration, Cretaceous invertebrates, Paleogene paleontological deposit, Cuba.

RESUMO

O local de coleta dos restos fósseis estudados é a fazenda San Vicente, localizada a nordeste da cidade Jicotea, parte ocidental da província de Ciego de Ávila, no centro de Cuba. No depósito de fósseis paleogênicos, a maioria das entidades observadas são macrofósseis do Cretáceo Superior. Essa aparente contradição é possível dada a manifestação do processo de reelaboração tafonômica no registro fóssil da sequência investigada. O objetivo principal deste trabalho é apresentar os resultados das observações feitas nos sedimentos e nas entidades preservadas recuperadas (invertebrados e macrofósseis de vertebrados) nesta localidade. Os métodos utilizados foram os típicos da análise tafonômica, sobre as entidades e elementos conservados registrados por meio de coletas repetidas, e a dedução dos processos tafonômicos ocorridos no contexto paleontológico investigado; ligada à estratigrafia e à evolução paleogeográfica regional. Foram determinados os processos de produção de acaésídeos biogênicos e tafogênicos durante a evolução geoambiental do depósito. Al inicio ocorreu a produção biogênica, acúmulo e soterramento da diversidade de conchas rudistas, dio comienzo a sua alteração tafonômica, por meio de recristalização, preenchimento, cimentação, fragmentação, descoberta e bioerosão. Esses processos ocorreram no ambiente de uma plataforma de carbonato nerítico durante o Maastrichtiano do Cretáceo Superior. As entidades reelaboradas apresentam fragmentação, abrasão, dissolução, arredondamento, polimento, crostas, preenchimento, cimentação, permineralização. A acumulação final das entidades re-trabalhadas ocorreu no período Paleoceno ao Eoceno. Entre os fósseis estudados, os ruditos apresentaram alta redundância tafonômica. A predominância de seus diversos moldes internos aponta para sua máxima eficiência tafonômica e maior conservabilidade do que as próprias conchas. As conchas de algumas espécies de rudistas, como Titanosarcolites gigantes e vários radiolítídeos, foram responsáveis pela produção tafogênica de numerosos e variados moldes, a maioria deles típicos de seu corpo e cavidades acessórias, e canais paliais. A caracterização tafonômica dos elementos e

entidades registradas (macrofósseis) no local de estudo, permitiu, por meio da análise tafonômica, reconhecer o estado mecânico desses taxoregistros, como entidades reelaboradas. Os sítios acumulados, que contêm os sedimentos mais finos, ou a matriz do depósito fossilífero, correspondem a microfósseis como os foraminíferos, de idades paleogênicas. Assim, a associação de registro de São Vicente corresponde a um depósito fossilífero secundário do Paleógeno, mas originado como resultado da destruição e reelaboração de uma acumulação primária do Cretáceo. O contexto geológico, a diversidade de elementos conservados, os processos tafonômicos verificados e a provável paleogeografia deduzida, fazem de San Vicente um sítio de particular interesse paleontológico, um objeto de significativa relevância para aumentar o conhecimento sobre o registro fóssil cretáceo de Cuba.

Palavras-chave: Alterção e reelaboração tafonômica, invertebrados cretáceos, depósito paleogênico, Cuba.

INTRODUCCIÓN

La localidad de colecta de los restos fósiles estudiados es la finca San Vicente, situada al noreste del poblado Jicotea, parte oeste de la provincia Ciego de Ávila, en Cuba central. Allí existe un área de cantera o préstamo para la extracción de materiales de construcción. En este depósito se reportó uno raro hallazgo de probables vertebrados fósiles cretácicos, que ahora se logró reconocer, que se trata de una acumulación secundaria, de materiales cretácicos reelaborados en sedimentos del Paleógeno.

En aquella pequeña cantera, activa por temporadas, en rocas sedimentarias marinas paleogénicas, están contenidos abundantes invertebrados cretácicos y los posibles restos de vertebrados, todos muy mineralizados. Estos elementos de vertebrados conservados, con fuerte transformación, han sido identificados solo como pertenecientes a algún animal tetrápodo (Rojas-Consuegra, 2014a, 2014b; 2021).

En el depósito paleogénico de San Vicente, la mayoría de las entidades observadas son macrofósiles de invertebrados del Cretáceo Tardío (Rojas-Consue-

gra *et al.*, 2011; Menéndez-Peñate *et al.*, 2011; Rojas-Consuegra, 2015a). Este problema, de una aparente contradicción, es posible dada la manifestación del proceso de reelaboración tafonómica en el registro fósil de la secuencia investigada.

La reelaboración constituye un proceso fosil-diagenético, donde los restos antes enterrados, que ya han sufrido ciertas transformaciones tafonómicas, son desenterrados; con posterioridad, en general, son transportados y vueltos a acumular (enterramiento secundario) en un depósito más joven. Este proceso ocurre de forma alocrónica, y en ocasiones, va a favorecer la conservación de algunas entidades reelaboradas (Fernández-López, 1989, 2000).

Para las investigaciones paleontológicas una localidad como San Vicente se presenta en escasas ocasiones. Tampoco hoy son numerosos los estudios, desde el punto de vista tafonómico, dados a conocer en la literatura sobre paleontología en la región. Por tales razones, por varios años ha continuado la revisión del depósito de San Vicente (2005-2022), con el propósito de esclarecer y profundizar en el origen del registro fósil allí contenido. Así, el objetivo principal de la presente contribución, es el de dar a conocer los resultados de las observaciones realizadas sobre los sedimentos y las entidades conservadas recuperadas (macrofósiles de invertebrados y vertebrados) en este geosito y compartir el análisis tafonómico llevado a cabo sobre los procesos registrados y deducidos en aquel depósito paleontológico.

Según el contexto geológico de la región, la paleogeografía del área estuvo relacionada con terrenos volcánicos, que fueron cubiertos por sedimentos fosilíferos del Cretácico Tardío, los cuales con posterioridad fueron erosionados y vueltos acumular en una cuenca paleogénica. En este lapso tuvo lugar la reelaboración del registro fósil cretácico, que mediante procesos tafonómicos complejos fue transferido al Paleógeno. En este caso, de cierto modo paradójico, es posible estudiar entidades conservadas cretácicas en un registro fósil alóctono paleogénico.

El presente trabajo se basa en los estudios de campo realizados en varias campañas, en las observa-

ciones sobre material fósil in situ y en las muestras ya disponibles de las coletas procedentes. La recuperación de restos adicionales de vertebrados, presumibles presentes y el avance en su conocimiento, es el reto de la investigación futura, de potenciales resultados para la bioestratigrafía regional. La investigación tafonómica realizada, en general tiene un carácter empírico. Se ha visitado la localidad fosilífera de forma sistemática durante más de una década. En varias oportunidades se recolectó material fósil, que ha sido depositado en colección (Museo Nacional de Historia Natural de Cuba-MNHNC). Así, se han llevado a cabo observaciones de los materiales en detalle en gabinete. Se ha ido generado una información que ha sido posible aumentar a medida que se han estudiado diferentes aspectos tafonómicos sobre el material, y se ha logrado interpretar las características estratigráficas y paleontológicas del sitio fosilífero. La deducción de los procesos y regularidades principales han emergiendo por aproximaciones sucesivas, con base en los caracteres tafonómicos determinados.

El estudio de la literatura especializada sobre Tafonomía (Efremov, 1940; 1950), en lo esencial sobre invertebrados fósiles, como la de Fernández-López (2000 y numerosos previos), ha sido la base para obtener de la información y para su interpretación. Los resultados que brinda el presente trabajo, poseen un contenido de mayor madurez e integración, que los anteriores (ver referencias). La estratigrafía y la evolución tafonómica de este yacimiento paleontológico del Paleógeno, contentivo de entidades fósiles reelaboradas más antiguas, se aborda en otro trabajo en esta propia revista. La presente, es una contribución a la investigación «Registros paleontológicos y paleoclimáticos de Cuba», que mantiene el MNHNC (Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente) con participación del Instituto de Investigación del Petróleo-Ceinp, donde se aporta al proyecto 6511 (Ministerio de Energía y Minas).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los fósiles (entidades conservadas) objeto de la presente comunicación, han sido colectados durante va-

rias visitas exploratorias al punto de interés paleontológico, por el autor y otros colectores. Ya desde 2008, se habían realizado un estudio y colecta de fósiles durante prácticas docentes; En años posteriores, otros colegas han atendido el estudio de la colección procedente del sitio.

Contexto geológico

La cantera en estudio se localiza cerca del centro de la finca San Vicente, situada hacia el NO de la ciudad de Ciego de Ávila y unos kilómetros al E-NE del poblado de Jicotea (N21 53'.9749; W078.49'.1376). El contexto geológico se describe basado en el Mapa Geológico de Cuba (escala 1: 100 000) del Instituto de Geología y Paleontología (IGP-Servicio Geológico de Cuba, 2010). Las unidades litoestratigráficas referidas están acorde al Léxico Estratigráfico-LEC (De Huelbes, ed., 2013).

Según el mapa geológico del área, en la base de la secuencia sedimentaria, aparecen las rocas clástico-calcareas del Miembro El Brazo, de la Formación geológica Presa Jimaguayú (Iturralde-Vinent, 1981; Belmustakov *et al.*, 1981; De Huelbes, ed., 2013), de edad Cretácico Superior Maastrichtiano (**Figura 1**). No

obstante, esta unidad no aflora en la zona expuesta por la excavación hasta el momento.

El material rocoso en explotación está constituido por brecha-conglomerado, microconglomerado o gravelita, arenisca, limolita, lutita, marga y escasa caliza, de más de 40 m de espesor, pertenece a las formaciones geológicas Vertientes (Lewis, 1957) y Florida (Iturralde-Vinent, 1981), de edad Paleógeno Inferior a Medio. Se ha comprobado en la secuencia excavada la edad de Paleoceno Superior-Eoceno Medio (Menéndez-Peñate *et al.*, 2011; Rojas-Consuegra *et al.*, 2011).

El sitio destaca por el rico conjunto de elementos conservados pertenecientes a diversos grupos de invertebrados marinos maastrichtianos (Rojas-Consuegra *et al.*, 2011; Menéndez-Peñate *et al.*, 2011; Rojas-Consuegra, 2015a). En las colectas se han recuperado numerosos y diversos elementos de invertebrados que, junto a otros indicios sedimentológicos, señala la posibilidad de su cercanía paleogeográfica a una costa cretácica (Menéndez-Peñate *et al.*, 2011). Los materiales colectados forman parte de la Colección de Paleontología del MNHNC, con acceso para su consulta. Para el presente trabajo, se utilizaron los fósiles

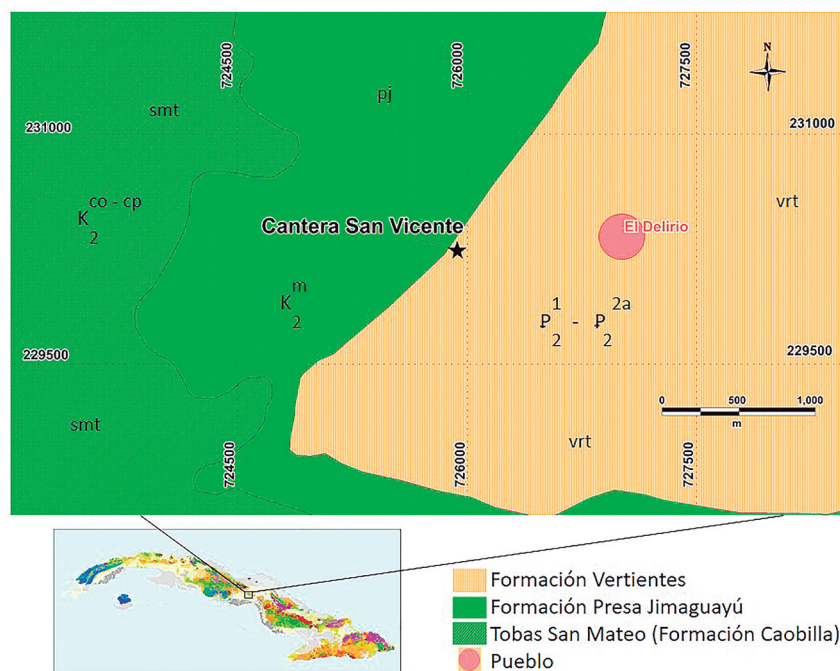


Figura 1. Mapa geológico de la región a escala 1:100 000 (IGP, 2010).

siles tanto colectados u obtenidos, como los observados en el campo, a lo largo de varios años (2008-2022).

Se realiza la caracterización tafonómica de los restos documentados acorde a los conceptos y criterios establecidos por Fernández-López (1989, 2000). Así, se definen los principales caracteres tafonómicos o secundarios apreciados en los elementos conservados y se deducen los procesos sufridos a lo largo de la fosilización de las entidades obtenidas, al atravesar por distintas etapas en su evolución tafonómica.

Para facilitar la observación de la estructura y textura de los materiales se realizó la preparación manual de más de 50 secciones pulidas de áreas pequeñas de las piezas, que va desde varios milímetros a algunos centímetros cuadrados. El procedimiento se realizó mediante el uso de abrasivos de distintas granulometrías, con posteridad las superficies pulidas fueron cubiertas con esmalte, para aumentar su reflexión y facilitar la toma de fotografías.

La observación de las texturas se hizo a través de lupas de mano, con aumentos respectivos de 8x, 10x, 12x y 21x. Además, se utilizó un microscopio o lupa binocular fija, con mayores aumentos (escala mi-

limétrica). Se tomaron macrofotografías a diferentes detalles, con cámara digital (12 megapixel) y la lupa acoplada. Otras imágenes más precisas fueron hechas con cámara digital fija Motic Images Plus 2.0.

Los restos de vertebrados, en particular, asignables a tetrápodos indeterminados, exhiben un alto grado de transformación tafonómica (fosilización por permineralización). Para confrontar aquellas entidades o elementos conservados considerados como restos de vertebrados, fueron utilizados tres criterios principales: morfología o aspecto general comparable con alguna parte del esqueleto de vertebrados, estructura externa, que fuera tejido óseo fosilizado y estructura interna, observada en sus bordes o en su interior, relativa a tejido óseo, muy transformado.

Para expresar el peso individual de los diferentes criterios asumidos empíricamente, en cada uno de los ejemplares evaluados, se emplearon tres signos positivos (+++) para los criterios más seguros (presentes) y hasta tres signos negativos (---) para los criterios más débiles. Las combinaciones transicionales, de signos entre ambos extremos (presencia-ausencia), expresan estados intermedios en la identificación general asumida. Se tomaron las medidas en centímetros de todos

No.	Ejemplar	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grueso (cm)
1	Hp00	4.2	3.2	2.3
2	Hr01	3.4	2.3	1.2
3	Hr02	3.8	1.4	1.1
4	Hr03	2.8	1.9	1.3
5	Hg04	5.5	3.3	3.2
6	Hg05	6.4	3.2	2.8
7	Hg06	8.0	3.8	2.5
8	Hm07	4.4	2.3	1.6
9	Hc08	3.2	2.2	2.0
10	Hd09	3.0	1.6	1.1
	Máximo	8.0	3.8	3.2
	Mínimo	2.8	1.4	1.1
	Promedio	4.47	2.29	1.91

Tabla 1. Tamaños de los posibles restos fósiles de vertebrados en la localidad San Vicente.

No.	Ejemplar	Morfología general	Estructura externa	Estructura interna	Observaciones
1	Hp00	+++	+++	+–	Frag epífisis de hueso largo
2	Hr01	+++	+++	—	Frag hueso largo, plano, en forma de T
3	Hr02	+++	+++	—	Frag de hueso fino, largo
4	Hr03	+++	+++	+–	Frag ? falange
5	Hg04	+++	++-	+–	Frag ? hueso fuerte
6	Hg05	++-	++-	+–	Frag ? hueso fuerte
7	Hg06	++-	++-	—	Frag ? hueso fuerte
8	Hm07	++-	++-	—	Frag ? hueso largo
9	Hc08	++-	++-	—	Frag ? hueso largo
10	Hd09	++-	++-	—	Frag ? hueso plano

Tabla 2. Criterios principales para la valoración de los elementos conservados relacionados a vertebrados fósiles en San Vicente.

los elementos referidos a vertebrados (**Tablas 1 y 2**). Se aplicó el criterio de clasificación de los tipos de textura deposicional de acuerdo con Dunham (1962), para las matrices o rellenos internos de las entidades o elementos conservados con valor para- y taxonómico, predo-

minantes en el depósito (**Tabla 3**). El listado de los foraminíferos identificados antes por Menéndez-Peñate *et al.* (2011) fue revisado, con la actualización de la nomenclatura taxonómica y la biocronología, lo cual llevó a ajustes en la edad de la secuencia estudiada.

No.	Ejemplar	Grainst.	Packst.	Wackest.	Mudst.	Biológica	Observación
1	Hr00	x					No se cortó
2	Hr01		x	x		?	heterogénea
3	Hr02		x	x		?	grumosa
4	Hr03			x		?	fina
5	Hg04	x	x				detrit. media
6	Hg05	x					detrit. gruesa
7	Hg06	x					recristalizada
8	Hm07		x	x		?	grumosa
9	Hc08		x	x		?	grumosa
10	Hd09				x	?	arenácea
11	Ra01					x	recrist.

12	Ra02					x	recrist.
13	Ra03				?x	x	?invertebrado
14	Bi01		x	x		x	microfósil
15	Bi02			x	x		frag. negro
16	Bi03	x	x				recrist.
17	Bi04		x	x			recrist.
18	R01	x	x				microfósil
19	R02		x	x			microfósil
20	R03		x	x			microfósil
21	R04	x	x				microfósil
22	Ca1	x	x				
23	Ca2			x	x		
24	Ca3		x	x			
25	Ca4	x	x				recrist.
26	Ca5	x	x				
27	Ca6	x	x				recrist.
28	Ca7	x	x				recrist.
29	Ca8	x					recrist.
30	Ca9			x	x		recrist.
31	Ca10			x	x		recrist.
32	Ca11		x	x			recrist.
33	Ca12	x	x				recrist.
34	Ca13	x	x				recrist.
35	Ca14				x		recrist.
36	Ca15			x	x		microfósil
37	Ci01	x	x				recrist.
38	Ci02			x	x		bioturbación
39	Ci03	x	x				recrist.
40	Ci04	x	x				
41	Ci05				?x	x	?coral
42	Ci06				x	?x	arenácea
43	Gm02	x	x				rc
44	Gp03		x	x			rc
45	Gr04		x	x			rc
46	Gr05	x	x				rc
47	Gr05a			x	x		rc
48	Gr06				x	?x	laminar
49	Gf07			x	x	?x	arenácea
50	Gm08					?x	recrist.
TOTAL [%]		20 (40)	28 (56)	21 (42)	14 (28)	13 (26)	

Tabla 3. Tipos de textura deposicional (matrices o rellenos internos) de las entidades o elementos conservados con valor para y taxonómico, más comunes en San Vicente.

*H(r, g, m, c, d, q) - posibles huesos; Ra - radiolítidos; Bir - Biradiolites; R - cavidad corporal de rudistas; Ca - rellenos de canales; Ci - moldes cilíndricos; G (m, p, r, f) - moldes cónicos, curvos; ? - criterio inseguro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estratigrafía expuesta en esta cantera fosilífera se ha reconocido a medida que las labores de excavación y extracción de los materiales ha avanzado con los años. Otro trabajo, en esta misma revista, se dedica a la estratigrafía, la paleogeografía y los procesos tafonómicos ocurridos durante en el marco temporal de evolución y consolidación del yacimiento San Vicente, dadas sus características particulares.

Regularidades tafonómicas

Al tomar en cuenta la fuerte transformación tafonómica que exhiben los restos de invertebrados y vertebrados recuperados en San Vicente, fue posible la realización del examen tafonómico de los materiales observados y registrados, para extraer la mayor in-

formación posible, que apoyara la interpretación sobre la evolución geoambiental de los elementos conservados, del depósito fosilífero y la región.

La meteorización tropical sufrida hasta la actualidad por la secuencia aflorada permite la liberación desde la matriz de los bioclastos y biodetritos, su arrastre eventual, un cierto lavado natural y la reconcentración en otros puntos (**Figura 2**). Aunque es obvia la mezcla mecánica de materiales sueltos de distintas edades, también se hace posible la colecta in situ de las entidades y elementos fósiles, vinculados a las capas clásticas de grano más grueso (brecha-conglomerado) afloradas y que, en partes, se presentan algo deleznable.

Los restos fósiles, muy abundantes, con predominio de invertebrados fragmentados o disgregados en sus diferentes elementos conservados, son recolectados sueltos y fuera de su posición topológica y estratigráfica original. Algunos elementos reelaborados, se hallan asociados a las rocas del Paleógeno en forma de bioclastos, entre las rocas algo blandas y deleznable destapadas. Así, los restos cretácicos alóc-



Figura 2. Detalle del aspecto de la brecha-conglomerado calcárea de donde se obtiene la mayor parte del material fósil en San Vicente

tonos, liberados de la matriz original, se mezclan entre ellos de nuevo y, además, con los paleogénicos acumulados, lo cual imprime una complejidad adicional al control de la recolecta.

Procesos de alteración tafonómica

Para las entidades y elementos conservados documentados se han identificado los principales caracteres tafonómicos o secundarios, los cuales revelan la acción de varios mecanismos de alteración tafonómica (según Fernández-López, 2000), actuantes durante la fosilización, entre los que se destacan: el relleno sedimentario y la cementación de cavidades, la permineralización carbonática, el neomorfismo (recristalización), la abrasión, la bioerosión, la disolución, la distorsión mecánica, la fracturación y la reelaboración, entre otros (**Figuras 3 - 6**). La presencia de estos mecanismos está entre el 70-90 % de todos los elementos y entidades reelaboradas; lo cual sugiere una misma evolución tafonómica para el material conservado en el depósito.

La fracturación de los restos, al haber sufrido una abrasión significativa, tendente al pulimento y el desgaste, así como su inclusión entre sedimentos clásicos caóticos, indican su participación en procesos intensos de transportación en el medio sedimentario, que conllevó a una marcada reelaboración tafonómica. Los niveles clásicos exhiben además un afinamiento del grano a techo, propio de flujos gravitacionales debrítico-turbidíticos.

La presencia en el depósito de litoclastos redondeados y bien pulidos, tanto de carbonatos como de siliciclásticos, e incluso volcánicos, al parecer pertenecientes a facies previas de origen aluvio-marino y marino costero, sugiere un arrastre proveniente de zonas someras, poco profundas (Menéndez-Peñate *et al.*, 2011). Incluso, aparecen clastos planos elipsoidales, con facetas de abrasión paralelas, bien pulidos, sugerentes de facies de playa.

La bioerosión sobre los restos, con su relleno sedimentario, revela una ocurrencia previa a la reelaboración sufrida (**Figura 6D**). Este hecho, también sugiere que el depósito actual, donde están acu-

mulados los restos de vertebrados e invertebrados obtenidos, es de tipo secundario. Obviamente, formado a consecuencia de la destrucción de un depósito primario, donde los restos ya habían sido acumulados y litificados. Entonces, para que sucediera el desenterramiento y el desplazamiento mecánico lateral del material recuperado, ocurrieron procesos intensos de erosión y abrasión en el área fuente, con la acción de flujos tractivos de alta intensidad. Lo anterior coincide con la secuencia en varios niveles, donde se verifican ciclos repetitivos de debritas y turbiditas proximales (Menéndez-Peñate *et al.*, 2011).

La bioerosión sobre moldes constituye una muestra de retroalimentación tafonómica (**Figura 6D**). Algunos orificios no poseen relleno sedimentario, lo cual sugiere una producción tafogénica de los elementos perforados, posterior a su reelaboración. Para que esta se produjera, tuvo que haber sido destruida la entidad primaria (entidad biogénica producida). Por ejemplo, las conchas de las especies de rudistas cuyas cavidades corporales habían tenido un relleno sedimentario inicial, post mortem. Estas quedarían acumuladas y sufrirían la litificación (cementación, carbonatización y posible recristalización) en el yacimiento primario, durante el Maastrichtiano, en un primer estadio de transformación tafonómica.

Con posteridad al enterramiento inicial, debió actuar la erosión (con desenterramiento), la fracturación de la concha fosilizada primaria (producción tafogénica), la liberación del molde interno, su transportación y reaccumulación, con ocurrencia de selección, reorganización y reagrupamiento, parciales, en el depósito secundario final, eocénico. En este lapso, la entidad tafogénica producida sufriría la acción de un perforador litófago (huellas de bioerosión), mientras permaneció en la zona tafonómica activa. Tales procesos de retroalimentación tafonómica son una prueba también de la ocurrencia de una reelaboración (López-Martínez y Rojas-Consuegra, 2008; Rojas-Consuegra, 2015b). Este proceso ocurría al final del Maastrichtiano Tardío o ya durante el Paleoceno Temprano, en el borde o zona somera nerítica de la propia cuenca.

Estos restos calcáreos fosilizados y obtenidos, se han comportado como partículas sedimentarias. Desde este punto de vista, acorde a sus caracteres secundarios, se clasifican por su estado mecánico en el depósito, como entidades reelaboradas. Por su origen son entidades y elementos alóctonos y adémicos y por su edad, son alocrónicos respecto al depósito secundario de reenterramiento, que contiene las entidades acumuladas démicas del Paleógeno (Fernández-López, 2000).

Producción tafogénica

En el contexto del depósito fosilífero indagado, diferentes grupos taxonómicos dieron lugar a una significativa producción tafogénica. Las grandes conchas de rudistas destacan por el aporte de una población tafo-

génica amplia y variada, donde se cuentan tafones representados por algunas conchas pequeñas, fragmentos de conchas en varios estados de conservación y diversidad de abundantes moldes de cavidades internas (**Figura 3**).

Moldes de rudistas y otros elementos tafogénicos

En el depósito junto a los restos óseos reconocidos, aparece una diversa asociación de invertebrados marinos y se destaca la gran variedad de elementos de valor taxonómicos acompañantes; tales como, los moldes de diferentes cavidades accesorias, canales y orificios, intrínsecos a las conchas y esqueletos de los invertebrados, en particular pertenecientes a varias especies de rudistas (Rojas-Consuegra *et al.*, 1995; Rojas-Consuegra, 1998, 2005).

En el depósito son muy comunes los moldes de las cavidades corporales de los rudistas que son referidas a las especies *Titanosarcolites giganteus* y a diferentes especies de radiolítidos. En general, los moldes relativos a *T. giganteus*, son cilíndricos a cónicos, con el mayor tamaño, de hasta cinco centímetros de largo, por tres de diámetro o grueso. Las grandes conchas (50-90 cm), meteorizadas y fragmentadas de esta especie, generaron numerosos moldes de estas cavidades (2-5 cm), que conllevó a una abundante producción tafogénica de distintas poblaciones tafónicas.

Son muy abundantes en el depósito otros moldes, de variadas formas, en general cilíndricas a subcilíndricas, alargadas, rectas o curvas, algunas con ciertas torceduras. Por sus diámetros son más finas, desde cerca de uno a medio centímetro o menores. La mayoría de estos parataxones son atribuidos al relleno de los canales paleales de las conchas de rudistas, algunas son comparable con especies de los géneros *Radiolites* y *Biradiolites*. Otros moldes parecen corresponder a rellenos de perforaciones de bioerosión sobre las conchas (icnofósiles) o incluso disolución local. Algunas estructuras serían relativas a invertebrados y sus partes, incluidos los crustáceos (**Figura 3**).

La textura deposicional de los rellenos de cavidades recuperados como moldes internos, e incluso, de los posibles restos de vertebrados, resulta variable, sin



Figura 3. Varios elementos de valor parataxonómicos son muy abundantes en el depósito. Ca –moldes internos de antilocaprinidos; Ci –moldes cilíndricos y Bi –moldes de posibles radiolítidos, confundibles con elementos de vertebrados (derecha, centro y debajo).

una clara regularidad para distinguir con seguridad entre unos y otros tipos de elementos conservados, con valor taxonómico referente a vertebrados o no (**Figura 4**).

La variación textural, entre 50 muestras analizadas, se presenta del siguiente modo (**Tabla 2**, Anexo 1): grainstone (40 %), packstone (56 %), wackestone (42 %) y mudstone (26 %). Si se analiza en rangos con la asociación de texturas vecinas, se obtiene: grainstone-packstone (48 %), packstone-wackestone (49 %), wackestone-mudstone (35%).

Ninguna textura biológica ha sido posible atribuir con seguridad a elementos conservados relativos a vertebrados fosilizados. Algunas de tipo celular, sin dudas, corresponden a invertebrados, en lo esencial a ruditas. No obstante, también, al contrario, los restos aquí atribuidos a vertebrados (indeterminados) no parecen corresponder a ningún elemento imputable a algún grupo de invertebrado, reportado para estas edades y región.

Estos datos parecen mostrar, que el relleno sedimentario de los elementos conservados en la localidad, ocurrió en medios de un ambiente marino somero, con facies de energía alta a moderada, propios de una plataforma carbonatada nerítica. Son comunes en la matriz las microconchas de foraminíferos orbitoidales bentónicos grandes (FOBG), maastrichtianos. Algunas partículas, granos minerales y litoclastos, en ciertas facies, muestran cercanía relativa al ambiente terrestre emergido (microfacies estándar de Wilson, 1975).

Otros moldes comunes, son los correspondientes a las cavidades corporales de radiolíticos, sin distinción establecida con seguridad entre los géneros Radiolites y Biradiolites o hipuríticos (**Anexo 1**). Algunas conchas pequeñas identificables, aunque escasas, de especies pertenecientes a los dos primeros géneros, también aparecen rellenas (**Figuras 3 y 4**).

En general, en el depósito estudiado, las conchas de rudistas mostraron una destacada producción tafogénica ya que, durante los procesos de alteración tafonómica sufridos, dieron lugar a numerosos elementos conservados, pertenecientes a unos tres conjuntos tafonómicos diferentes (poblaciones tafónicas):

conchas escasas, fragmentos abundantes y moldes internos múltiples (Fernández-López, 2000). Este grupo mostró una alta redundancia tafonómica y, el predominio de diversos moldes internos, apunta a la máxima eficacia tafonómica de estos, con una mayor conservabilidad, que las propias conchas.

Identificación de restos de vertebrados

Los restos asignados con duda a vertebrados en San Vicente, en general, presentan una coloración de crema a amarillenta hasta grisácea, propia del material carbonatado, en partes muy meteorizado. Bajo la lupa, en la textura interna, presenta tonos grises a blanquecinos cristalinos para los bioclastos, detritos calcáreos y microfósiles, mientras la matriz más fina es de color crema. Algunas otras tonalidades claras se aprecian de forma parcial a diferentes escalas. Las



Figura 4. Variación de la textura deposicional y la composición del relleno o matriz de los moldes y cavidades distinguidos.

partes internas, recristalizadas, exhiben más o menos los mismos tonos mencionados, blanquecinos o cristalinos.

Los restos fósiles recuperados están cubiertos o rellenos, en su estado primario de colecta, por un sedimento detrítico arenoso, calcáreo, que constituye la matriz de la brecha-conglomerado. Entre el detrito se distinguen granos formados por restos de invertebrados, con predominio de granos de cuarzo, minerales y litoclastos de varios tipos de rocas, más oscuros, de origen volcánico y metasomático. También se identifican diversas conchas (testas) milimétricas de FOBG, típicos del Maastrichtiano en la región. Los elementos de posibles vertebrados fósiles obtenidos (**Figuras 5 y 6**), son de pequeños tamaños relativos (**Tabla 1**).

Por sus pequeñas dimensiones relativas, los restos recuperados hasta el momento, son difíciles de distinguir dentro de los sedimentos brecha-conglomeráticos donde están contenidos. Aunque resulta algo obvio,

parece útil apuntar que, el contexto caótico de su búsqueda explicada, exige una alta concentración y conocimiento sobre los litoclastos y bioclastos predominantes en el depósito, por parte de los colectores (**Figuras 2-6**). Y en particular, la recuperación de otros elementos anatómicos de vertebrados a futuro, exige intentarse con una metodología de recolecta adecuada a estas condiciones específicas.

La mayor dificultad, que se afronta en el estudio de los presuntos vertebrados fósiles registrados, es la identificación taxonómica segura de los «restos óseos» (elementos) conservados. El criterio más fuerte, y es de común empleado en la paleontología de vertebrados para la identificación de los taxones, es el de la morfología comparada. La existencia de una estructura ósea, con diferentes grados de mineralización (alteración tafonómica), en los tejidos externo o interno, contribuye a la confirmación de la génesis biológica de los restos.

En el presente caso la morfología general ex-



Figura 5. El resto mejor conservado (Hp00), parece corresponder a la región de la apófisis de hueso largo de algún tetrápodo no identificado. Fotos cortesía de J. G. Martínez López.



Figura 6. Restos fosilizados de posibles vertebrados en San Vicente. A- ejemplares Hr01 y Hr02 (Tabla 2); B- elemento conservado (ej. Hg04) parece corresponder a huesos fuertes por su aspecto externo; C- algunos caracteres tafonómicos apreciables en los restos conservados: relleno, permineralización carbonática, abrasión, disolución, fracturación y pulimento; D- huellas de perforaciones por bioerosión sobre restos y en moldes internos.

terna del posible resto de vertebrado (**Figura 5 y 6**), es el criterio más confiable asumido (**Tabla 2**). La estructura externa en algunos elementos parece también confirmar una producción biogénica de los restos, mientras que la interna, es un criterio que ha resultado débil o contradictorio, en la identificación del posible material óseo transformado. Como se comprueba, solo cuatro elementos conservados son los que con alguna certidumbre han sido relacionados a vertebrados (Hp00, Hr01, Hr02, Hr03), (**Figura 5 y 6**). Aquí la morfología general externa (a saber, estructura hidroxiapatítica, estructuras de osteocitos, superficies de anclaje de músculos, forámenes) sería el criterio de

identificación más seguro; no obstante, la presencia de la estructura externa es asumida como válida, pero solo por su aspecto.

Por otro lado, no se ha podido asegurar que se haya conservado algún relictos, ni siquiera alterado, del tejido interno apreciable (tales como densidad de las trabéculas del tejido esponjoso, vacíos internos de la pared externa, perforaciones de forámenes, canales internos de la nervios o médula). En este sentido, la composición de los restos, es resultado de una total permineralización, sin que haya sido posible apreciar ningún material biogénico producido, de potencial utilidad en algún análisis histológico.

Los elementos tafonómicos conservados (Hg04, Hgo5, Hg06), parecen corresponder a huesos fuertes, como «fémur o tibia», pero solo por su aspecto externo (**Figura 6**), donde la estructura externa remeda una organización biológica. Internamente, están compuestos por relleno sedimentario (matriz detrítica), y solo en algunos bordes, existe una alta recristalización que parece reflejar una estructura diferente, tal vez biogénica. Otros tres elementos (Hm07, Hc08, Hd09) pudieran corresponder también a restos de vertebrados.

Esta información caracteriza más bien el ambiente donde se producía el enterramiento primario de los elementos conservados, sin que tenga una correlación directa con las características sedimentológicas que exhibe el depósito fosilífero secundario, reconocido al presente. Este hecho, también reafirma la condición de entidades reelaboradas para el material de posibles vertebrados, obtenido en San Vicente.

La recuperación de nuevo material en la localidad es un imperativo para lograr un avance en la potencial taxonomía y sistemática del grupo (o grupos) paleobiológico representado. Del análisis precedente (**Tabla 2**), se infiere una baja confiabilidad relativa en cuanto a la identificación o la pertenencia de los elementos registrados, a restos óseos de vertebrados de valor taxonómico. No obstante, en general, estos indicios merecen atención futura por su posible importancia paleontológica y paleobiogeográfica.

CONCLUSIONES

Las conchas de ruditas en el depósito San Vicente mostraron una notoria producción tafogénica que, durante los procesos de alteración tafonómica sufridos, dieron lugar a tres conjuntos tafonómicos diferentes (tafones): conchas completas escasas, fragmentos erosionados abundantes y múltiples moldes internos diversos. El grupo mostró una alta redundancia tafonómica, con el predominio de sus moldes internos, que apunta a la máxima eficacia tafonómica de estos elementos, de mayor conservabilidad que las propias conchas.

La caracterización tafonómica de los elementos y entidades registradas cretácicas permitió reco-

nocerlas, según su estado mecánico, como entidades reelaboradas y adémicas. Así la asociación registrática de sitio corresponde a un depósito fosilífero secundario paleogénico, pero originado a consecuencia de la destrucción y reelaboración de una acumulación primaria cretácica. Este caso es un ejemplo de diacronía, entre registro estratigráfico s.s. versus el registro fósil reelaborado, contenido en secuencias debrito-turbidíticas.

La edad para los macrofósiles (entidades reelaboradas), contenidos en niveles clástico-caóticos paleogénicos del depósito, muestra la ocurrencia de este proceso de reelaboración tafonómica en el lapso Maastrichtiano / Paleoceno-Eoceno. Este evento coincidente con una discordancia regional, y una caída relativa del nivel del mar, deducida, con la formación de un depósito fosilífero alóctono, dentro de la etapa sinorogénica del territorio cubano.

El contexto geológico, la diversidad de elementos conservados, los procesos tafonómicos verificados y la probable paleogeografía deducida, hacen de San Vicente un sitio de interés paleontológico, un objeto de significativa relevancia para aumentar el conocimiento sobre el registro fósil de Cuba.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la ayuda de todo tipo, prestada por colegas, amigos y familia, en particular a: MSc. Kenya Núñez, MSc. Reinier Torres, Lic. Jorge Isaac, Lic. Alejandro Jiménez, MSc. Osvaldo Jiménez, MSc. Lázaro W. Viñola, Lic. Invin Jiménez, Mario Rojas, Ana C. Rojas, Alipio Jiménez, Emilia A. Consuegra, Yudsony Rodríguez, Kevin y Kelin Jiménez Rodríguez. El agradecimiento a los especialistas que han colaborado: Dr. José Antonio Arz y Dr. Ignacio Arenillas (España), Dr. Daniel Perea (Uruguay) y el MSc Ernesto Aranda Pedroso por la revisión del manuscrito inicial. A la MSc. Lorenza Mejías Rodríguez por el mapa geológico. Al Dr. C. Osvaldo Rodríguez Morán y al Dr. Manuel E. Pardo Echarte por la invitación y apoyo para contribuir con la revista Geociencias UO de la Universidad Olmeca. Todos ellos han aportado de muchas maneras al presente resultado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belmustakov, E., Dimitriva, E., Ganev, M., Hayduttov, I., Kostadinov, I., Ianev, S., Ianeva, J., Kojumdjieva, E., Eoshujarova, E., Popov, N., Shopov, V., Tcholakov, P., Tchounev, D., Tzankov, T., Cabrera, R., Díaz, C., Iturralde, M., Roque, F.**, 1981, Geología del territorio Ciego-Camagüey-Las Tunas. Resultado de las investigaciones y levantamiento geológico, escala 1: 250 000: La Habana, Instituto de Geología y Paleontología: Oficina Nacional de Recursos Minerales, MINBAS, 1 mapa y texto.
- Dunham, R.J.**, 1962, Classification of carbonate rocks according to the depositional texture, in Hamp, W.E. (ed.), Classification of Carbonate rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir, 1, 108-121.
- Efremov, J.A.**, 1940, Taphonomy: new branch of Paleontology: Pan-American Geologist, 74, 81-93.
- Efremov, J.A.**, 1950, Taphonomic et annales géologiques: Annales du Centre d'Etudes et de Documentation Paléontologiques, 4, 196 pp.
- Fernández-López, S.**, 1989, La materia fósil. Una concepción dinamicista de los fósiles, en Aguirre, E., (ed.), Nuevas tendencias: Paleontología: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 25-45.
- Fernández-López, S.**, 2000, Temas de Tafonomía: España, Dpto. Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, 167 pp.
- De Huelbes, J. (ed.)**, 2013, Léxico Estratigráfico de Cuba: Instituto de Geología y Paleontología (IGP), La Habana, (cd-rom). ISBN 978-959-7117-58-2.
- Iturralde-Vinent, M.**, 1981, Geología del territorio Ciego-Camagüey-Las Tunas, en Belmustakov, E. (ed.), Resultados de las investigaciones y levantamiento geológico, escala 1:250 000: La Habana, Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba (inédito).
- Instituto de Geología y Paleontología (IGP)**, 2010, Mapa geológico de Cuba a escala 1:100000: La Habana, Cuba.
- Lewis Jr., P.D.**, 1957, Reconnaissance Geology of the Vertientes - Francisco area: Centro Nacional del Fondo Geológico, La Habana (inédito).
- López-Martínez, R.A. y Rojas-Consuegra, R.** 2008, Análisis tafonómico de los gasterópodos miocénicos de Cuba. Implicaciones paleobiogeográficas: Revista Minería y Geología, 24(2),1-21.
- Menéndez-Peñate, L., Rojas-Consuegra, R., Villegas-Martín, J. y López-Martínez, R.A.**, 2011, Taphonomy, Chronostratigraphy and paleoceanographic implications at turbidite of Early Paleogene (Vertientes Formation), Cuba: Revista Geológica de América Central, 45, 87-94.
- Rojas-Consuegra, R.**, 2021, Synthesis of fossil record of Cuba - A bibliographic compilation), in Pardo-Echarte, M. (ed.), Springer, Chapter 3, 71-142.
- Rojas-Consuegra, R.**, 2015a, San Vicente (Ciego de Ávila), primera localidad de vertebrados cretácicos para Cuba y Las Antillas, en XI Congreso Cubano de Geología: La Habana, Sociedad Cubana de Geología, (cd-rom), 22 pp.
- Rojas-Consuegra, R.**, 2015b, Gradientes tafonómicos y paleoambientales deducidos en el yacimiento de vertebrados Plio-Cuaternario "Las Llanadas" (Yaguajay), en la provincia Sancti Spiritus, Cuba central, en VI Convención Cubana de Geociencias: La Habana, Sociedad Cubana de Geología, (cd-rom), 36 pp.
- Rojas-Consuegra, R.**, 2014a, PROFCA: comentario sobre vertebrados fósiles pioneros: Boletín El Explorador, Sociedad Espeleológica de Cuba, 123. ISSN 1819-3765.
- Rojas-Consuegra, R.** 2014b, Columna ilustrada del registro microfósil de Cuba: Revista Anuario de la Sociedad Cubana de Geología, 2, 13-18.
- Rojas-Consuegra, R.**, 2005. Paleobiogeografía de los

Rudistas (Moluscos Cretácicos) reportados en el territorio cubano, en I Convención sobre Ciencias de La Tierra: Centro Nacional de Información Geológica (IGP), La Habana, (cd-rom), 15 pp.

Rojas-Consuegra, R., 1998, Facies marinas costeras en sedimentos carbonatados del Maastrichtiano en Ciego de Ávila, Cuba central, en III Congreso de Geología y Minería: La Habana, Sociedad Cubana de Geología, (cd-rom), 4 pp.

Rojas-Consuegra, R., Menéndez-Peñate, L., Villegas-Martín, J. y López-Martínez, R.A.,

2011, Manifestaciones paleontólogo-tafonómicas en la turbidita basal del Paleógeno temprano (Fm. Vertientes), al NW de Ciego de Ávila, Cuba central, en IV Convención sobre Ciencias de La Tierra: La Habana, Sociedad Cubana de Geología, (cd-rom), 12 pp.

Rojas-[Consuegra], R., Iturralde-Vinent, M., and Skelton, P.W., 1995, Stratigraphy, Composition and Age of Cuban Rudist - bearing deposits: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 12 (2), 272-291.

Wilson, J. L., 1975, Carbonate facies in Geologic History: Springer, Berlin, 471 pp.

