

Estratigrafía y evolución tafonómica del registro fósil en el depósito del paleógeno «San Vicente», en Cuba Central.

Reinaldo Rojas Consuegra¹.

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

RESUMEN

La localidad fósilífera estudiada es la finca «San Vicente», situada al noreste del pueblo Jicotea, en la parte oeste de la provincia Ciego de Ávila, Cuba central. En este depósito paleógeno (Formación Vertientes), la mayoría de las entidades observadas son microfósiles del Cretácico Tardío. Este caso es un ejemplo de diágnosis, entre registro estratigráfico (sensus stricto) versus el registro fósil cretácico reelaborado, que está contenido en niveles de brecha-conglomerados paleógenos. En un trabajo precedente se brindaron las principales características de las entidades fósiles obtenidas, que integran el particular registro en esta localidad; mientras que en la presente comunicación, se asume como objetivo principal, dar a conocer la evolución tafonómica del yacimiento en el contexto geológico del área y la región. Se utiliza la estratigrafía establecida en la literatura especializada, se agregan aquellos datos y observaciones conseguidos en los últimos trabajos sobre las formaciones geológicas Vertientes y Florida. El mapa geológico 1:100000 del área y el informe correspondiente, son fundamentales para la apreciación de la geología re-

gional. El Léxico Estratigráfico de Cuba (2013) brinda la nomenclatura y descripción básica de las unidades estratigráficas relacionadas con la localidad de estudio y su ubicación en el contexto más general. Los métodos del análisis tafonómico y los procesos tafonómicos deducidos del contexto estratigráfico, permiten relacionar la historia del desarrollo paleogeográfico del área con la evolución del registro fósil. La sección estratigráfica documentada en San Vicente exhibe una secuencia inferior turbidítica de carácter flyschoides de edad Paleoceno Temprano a Eoceno Medio, que corresponde a la Formación Vertientes. La secuencia media detrítica gruesa, brecha-conglomerática, calcárea a polimítica y la superior calcárea margosa, de edad Eoceno Medio, se asignarían a la Formación Florida. Se establecen las etapas (E1–E6) de la evolución geoambiental del sitio paleontológico y la evolución tafonómica de las entidades registradas, con basamento en la geología regional. La evolución tafonómica del depósito fosilífero y de las entidades conservadas, muestran distintas etapas en su génesis: durante el Maastrichtiano ocurrió la producción biogénica, acumulación y enterramiento de las conchas

de rudistas y otros invertebrados marinos, cuando comenzó su alteración tafonómica. En el lapso Maastrichtiano final al Paleoceno inicial tuvo lugar la emersión y meteorización (hipergénesis) de la secuencia, que implicó una remoción tafonómica y la reelaboración tafogénica.

En el Paleoceno Tardío-Eoceno Temprano se deduce una caída relativa del nivel del mar, con el transporte desde la zona litoral y nerítica, en forma de debritas y turbiditas, de las entidades reelaboradas cretácicas, que conllevó a la acumulación secundaria alóctona y alocrónica, paleogénica. La edad del intervalo brecha-conglomerático (Paleoceno Tardío-Eoceno Temprano) lo sitúa en plena etapa sinorogénica regional. Los rasgos de actividad sísmica en la secuencia estudiada, previa a la acumulación de los depósitos clásticos gruesos, revela la inestabilidad tectónica que afectó esta cuenca a cuestras. En particular, la elevación tectónica del área fuente y la caída relativa del nivel del mar, conllevó a una somerización en la acumulación sedimentaria que duraría hasta el Eoceno Medio, cuando llegó a la emersión del área; durante el Neógeno, una etapa transgresivo-regresiva pudo influir también al depósito, así la evolución tafonómica del sitio continuó hasta la actualidad.

Palabras clave: Evolución tafonómica, contexto geológico y paleogeográfico, Paleoceno-Eoceno, Cuba.

ABSTRACT

The fossil locality studied is the «San Vicente» farm, located northeast of the town of Jicotea, western part of the Ciego de Ávila province, in central Cuba. In this Paleogenic deposit (Vertientes Formation), most of the entities observed are Late Cretaceous macrofossils. This case is an example of diachrony, between the stratigraphic record (*sensus stricto*) versus the reelaborated fossil record, which is contained in Paleogenic breccia-conglomerate levels. In a previous work, the main characteristics of the fossil entities obtained, which make up the particular record in this locality, were provided; while in the present communication, it is assumed as the main objective, to make known the

taphonomic evolution of the deposit in the geological context of the area and the region. The stratigraphy established in the published specialized literature is used, the data and observations obtained in the latest works on the Vertientes and Florida geological formations are added. The 1:100000 geological map of the area and the corresponding report are essential for the appreciation of the regional geology. The Stratigraphic Lexicon of Cuba (2013) provides the nomenclature and basic description of the stratigraphic units related to the study locality and their location in the more general context. The methods of taphonomic analysis and the taphonomic processes deduced from the stratigraphic context allow us to relate the history of the paleogeographic development of the area with the evolution of the fossil record. The stratigraphic section documented in San Vicente exhibits a lower turbiditic sequence of flyschoid character of Early Paleocene to Middle Eocene age, which corresponds to the Vertientes Formation. The middle coarse detrital, breccia-conglomeratic, calcareous to polymictic sequence and the upper calcareous marly sequence, of Middle Eocene age, would be assigned to the Florida Formation. The stages (E1–E6) of the geoenvironmental evolution of the paleontological site and the taphonomic evolution of the registered entities are established, based on regional geology. The taphonomic evolution of the fossiliferous deposit and of the preserved entities show different stages in its genesis: During the Maastrichtian, biogenic production, accumulation and burial of rudist shells and other marine invertebrates occurred, where their taphonomic alteration began. Emersion and weathering (hypergenesis) of the sequence took place in the Late Maastrichtian to Early Paleocene span, which involved taphonomic removal and taphogenic reelaboration. In the Late Paleocene–Early Eocene, a relative drop in sea level is deduced, with transport from the littoral and neritic zone, in the form of debrites and turbidites, of the reelaborated Cretaceous entities, which led to secondary paleogenic, allochthonous and allochronic accumulation. The age of the breccia-conglomeratic interval (Late Paleocene - Early Eocene), places it in the middle of the re-

gional synorogenic stage. The seismic activity features in the studied sequence, prior to the accumulation of thick clastic deposits, reveal the tectonic instability that affected this piggyback basin. In particular, the tectonic elevation of the source area and the relative drop in sea level led to a shallowing of the sedimentary accumulation, which would last until the Middle Eocene, when the emersion of the area reached; during the Neogene a transgressive-regressive stage could have affected the deposit. Taphonomic evolution at the site continued to the present.

Keywords: Taphonomic evolution, geological y paleogeographic context, Paleocene-Eocene, Cuba.

RESUMO

A localidade fossilífera estudada é a fazenda San Vicente, localizada a nordeste da cidade de Jicotea, parte ocidental da província de Ciego de Ávila, no centro de Cuba. Neste depósito paleogênico, a maioria das entidades observadas são macrofósseis do Cretáceo Superior. Este caso é um exemplo de diágronia, entre o registro estratigráfico (*sensus stricto*) versus o registro fóssil retrabalhado, que está contido em níveis de conglomerado brecha-Paleógeno. Em trabalho anterior, foram fornecidas as principais características das entidades fósseis obtidas, que compõem o registro particular nesta localidade; enquanto na presente comunicação assume-se como principal objetivo, dar a conhecer a evolução tafonômica do depósito no contexto geológico da região. Utiliza-se a estratigrafia estabelecida na literatura especializada publicada, somando aqueles dados e observações obtidos nos últimos trabalhos, sobre as formações geológicas Vertientes e Flórida. O mapa geológico 1:100 000 da área e o relatório correspondente são fundamentais para a apreciação da geologia regional. O *Léxico Estratigráfico de Cuba* (2013) fornece a nomenclatura e descrição básica das unidades estratigráficas relacionadas à localidade de estudo e sua localização no contexto regional. Os métodos de análise tafonômica e os processos tafonômicos deduzidos do contexto estratigráfico permitem relacionar a história do desenvolvimento paleogeográfico da área com a evo-

lução do registro fóssil. A seção estratigráfica documentada em San Vicente exhibe uma seqüência turbidítica mais baixa de caráter flyschoid do Paleoceno Inferior ao Eoceno Médio, que corresponde à Formação Vertientes. A seqüência detrítica grosseira média, conglomerática-brechada, calcária a polimítica, e a margosa calcária superior, do Eoceno Médio, seriam atribuídas à Formação Florida. São estabelecidos os estágios (E1 – E6) da evolução geoambiental do sítio paleontológico e a evolução tafonômica das entidades cadastradas, com base na geologia regional. A evolução tafonômica do depósito fóssil e das entidades preservadas apresenta diferentes estágios em sua gênese: Durante a produção biogênica Maastrichtiana ocorreu acúmulo e soterramento de conchas rudistas e outros invertebrados marinhos, iniciando sua alteração tafonômica. No final do Maastrichtiano ao início do Paleoceno, ocorreu a emersão e intemperismo (hipergênese) da seqüência, envolvendo remoção tafonômica e retrabalho tafogênico. No Paleoceno Superior - Eoceno Inferior, deduz-se uma queda relativa do nível do mar, com transporte da zona litorânea e nerítica, na forma de detritos e turbiditos, das entidades cretáceas reelaboradas, originando a acumulação secundária, alóctone e aloctônica, paleogênica. A idade do intervalo brecha-conglomerático (Paleoceno Superior - Eoceno Inferior), situa-se no meio do estágio sinorogênico regional. As características da atividade sísmica na seqüência estudada, precisamente anterior à acumulação de depósitos clásticos espessos, revelam a instabilidade tectônica que afetou esta bacia de assentamento. Em particular, a elevação tectônica da área fonte levaria a uma queda relativa do nível do mar, com um raso da acumulação sedimentar, que perduraria até o Eoceno Médio. A evolução tafonômica no local continuou até os dias atuais.

Palavras-chave: Contexto geológico, evolução tafonômica, Paleógeno, Cuba.

INTRODUCCIÓN

La localidad San Vicente (N21 53'.9749; W078.49'.13-76), situada al noreste del pueblo de Jicotea, parte oeste de la provincia Ciego de Ávila en Cuba central, des-

taca por su particular registro fósil. Aquí se ha comprobado la existencia de entidades fósiles reelabodas cretácicas en un horizonte clástico calcáreo de edad Paleógeno (Rojas-Consuegra *et al.*, 2011; Menéndez-Peñate *et al.*, 2011; Rojas-Consuegra, 2015).

En un trabajo precedente se brindaron las principales características de las entidades fósiles obtenidas, que integran el particular registro fósil en esta localidad. El proceso general tiene una duración de millones de años y exhibe momentos o etapas que marcan el registro fósil observado. Una problemática pendiente, es la de mejorar la comprensión de la estrecha relación sobre la historia geológica de un área y la evolución tafonómica de su registro fósil.

Este trabajo pretende complementar al primero, para contribuir al conocimiento sobre la utilidad de los resultados tafonómicos en la geología regional. De este modo, en la presente comunicación, se asume el objetivo principal de dar a conocer la evolución tafonómica del mencionado yacimiento paleontológico en el contexto del desarrollo geológico y paleogeográfico regional.

Se utiliza el conocimiento de la estratigrafía establecida sobre la zona de estudio (Belmustakov *et al.*, 1981; Rojas-Consuegra, 1990); además, se agregan aquellos datos y observaciones conseguidos en los últimos trabajos realizados en la secuencia destapada por el laboreo en la cantera que se estudia, perteneciente a la Formación Vertientes (Lewis, 1957).

La presente, es una contribución a la investigación «Registros paleontológicos y paleoclimáticos de Cuba», que mantiene el Museo Nacional de Historia Natural de Cuba - MNHNC (Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente); con participación del Instituto de Investigación del Petróleo (Ceinpet), donde se aporta también al proyecto 6511 (Ministerio de Energía y Minas).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las observaciones sobre el contexto local, donde se hallan los fósiles (entidades conservadas) y la colecta, han tenido lugar durante diversas visitas exploratorias a este punto de interés paleontológico, por varios au-

tores, desde 2005. Estas acciones han permitido ampliar de forma sistemática los datos sobre la estratigrafía de la sección expuesta y mejorar el conocimiento de su relación con el contexto geológico general.

Contexto geológico

Se cuenta con el conocimiento sobre la geología regional, reflejada en el mapa geológico a escala 1: 100 000 en versión digital, del Instituto de Geología y Paleontología (IGP -Servicio Geológico de Cuba). Se asume la nomenclatura de las unidades litoestratigráficas concernientes, acorde al Léxico Estratigráfico (De Huelbes, ed., 2013).

En la región, la secuencia más antigua que aflora la constituye las rocas volcánicas efusivas e intrusivas pertenecientes al Arco Volcánico Cretácico, aquí consideradas dentro del Miembro Tobas San Mateo (Iturralde-Vinent, 1981), de edad Cretácico Superior Coniaciano-Campaniano, perteneciente a la Formación Caobilla (Iturralde-Vinent, 1981), de edad Coniaciano-Campaniano Inferior (De Huelbes, ed., 2013) (**Figura 1**).

En la base de la secuencia sedimentaria cretácica sobre el arco volcánico cretácico, en general en la región Ciego-Camagüey, aparece la Formación Durán (Iturralde-Vinent, 1981), la cual está integrada por rocas siliciclásticas y vulcanomícticas que cubren en discordancia a las vulcanitas. En la zona solo ha sido cartografiada en un área muy limitada al oeste del sitio de estudio, fuera del mapa mostrado. Mientras, están bien extendidas las rocas detríticas calcáreas, del Miembro El Brazo de la Formación Presa Jimaguayú (Iturralde-Vinent, 1981), de edad Cretácico Superior Maastrichtiano (De Huelbes, ed., 2013).

No obstante, ninguna de las unidades cretácicas mencionadas aflora en la zona de estudio expuesta en la excavación hasta el momento; aunque se deduce la presencia de la Formación Presa Jimaguayú en el subyacente de la misma (**Figura 1**).

Como se observa en este mapa geológico, la unidad del Maastrichtiano es cubierta por la Formación Vertientes del Eoceno. Así, el material rocoso en

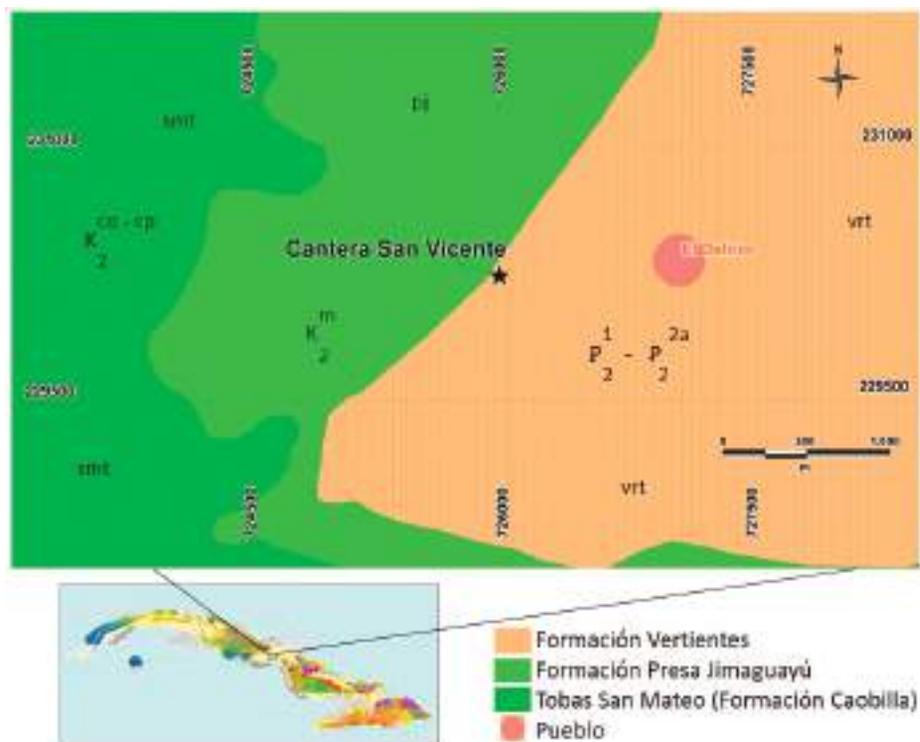


Figura 1. Mapa geológico de la región a escala 1:100 000 (IGP, 2010).

explotación en la localidad de San Vicente, constituido por brecha-conglomerado, microconglomerado o gravelita, arenisca, lutita, margas y calizas (de unos 40 metros de espesor), se ha asumido como parte de la sección de esta unidad.

No obstante, algunas de estas litofacies mencionadas son comparables con capas, conocidas en otras áreas, como propias de la Florida (Iturralde-Vinent, 1981), con la cual la primera presenta un contacto transicional. Ambas unidades cubren el intervalo de edad Paleógeno Inferior a Medio (Figura 2). En los trabajos se ha comprobado en la secuencia excavada la edad de Paleoceno Tardío - Eoceno Medio (Rojas-Consuegra *et al.*, 2011; Menéndez-Peñate *et al.*, 2011).

Como se ha dicho, el sitio de estudio 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, 2015). En las colectas se han recuperados numerosos y diversos elementos de macroinvertebrados marinos, que junto a otros indicios sedimentológicos, señalan la cer-

canía paleogeográfica a una costa cretácica (Menéndez-Peñate *et al.*, 2011).

Aunque no se incluyen en el mapa geológico, en la región las formaciones Vertientes y Florida y en partes, las del substrato volcánico y su cobertura cretácica, son cubiertas por las formaciones miocénicas Arabos (Iturralde, 1966) y Güines (Humboldt, 1826); que yacen en forma transgresiva sobre las primeras, marcadas por una significativa discordancia regional.

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 han avanzado con el paso de los años. Aquí se aporta la información lograda hasta 2022 (Figuras 2-4).

Sección estratigráfica fosilífera

El contexto geológico del área, en particular las características sedimentológicas del hallazgo, se revelan como determinantes en la búsqueda futura de posible nuevo material de vertebrados fósiles, junto a los di-

versos invertebrados ya reconocidos. El corte general, que es posible comprobar en la actualidad en la excavación, está formado como se describe a continuación (**Figuras 2 y 3**):

En la parte noroeste del área ha sido ampliada la extracción en años recientes, donde alcanza una mayor profundidad (2-5 m) y expone una secuencia turbidítica con carácter flyschoide, de limolita y lutita predominantes, con algunas intercalaciones finas de

arenisca de grano fino (espesor aproximado 60 m). Esta parte de la secuencia pertenece al Paleoceno Temprano (**Figuras 3B, 4, Tabla 1**). Esta sucesión se interpreta como turbiditas distales. Hacia arriba, la arenisca aumenta en capas de 15-25 cm, en un tramo de unos 15 m (**Figura 3B, E-F**). Aquí se revelan estructuras en forma de pequeños slumps, un agrietamiento por donde circularon fluidos, al parecer relacionados con hidrocarburos, que llevaron a procesos de dolomi-

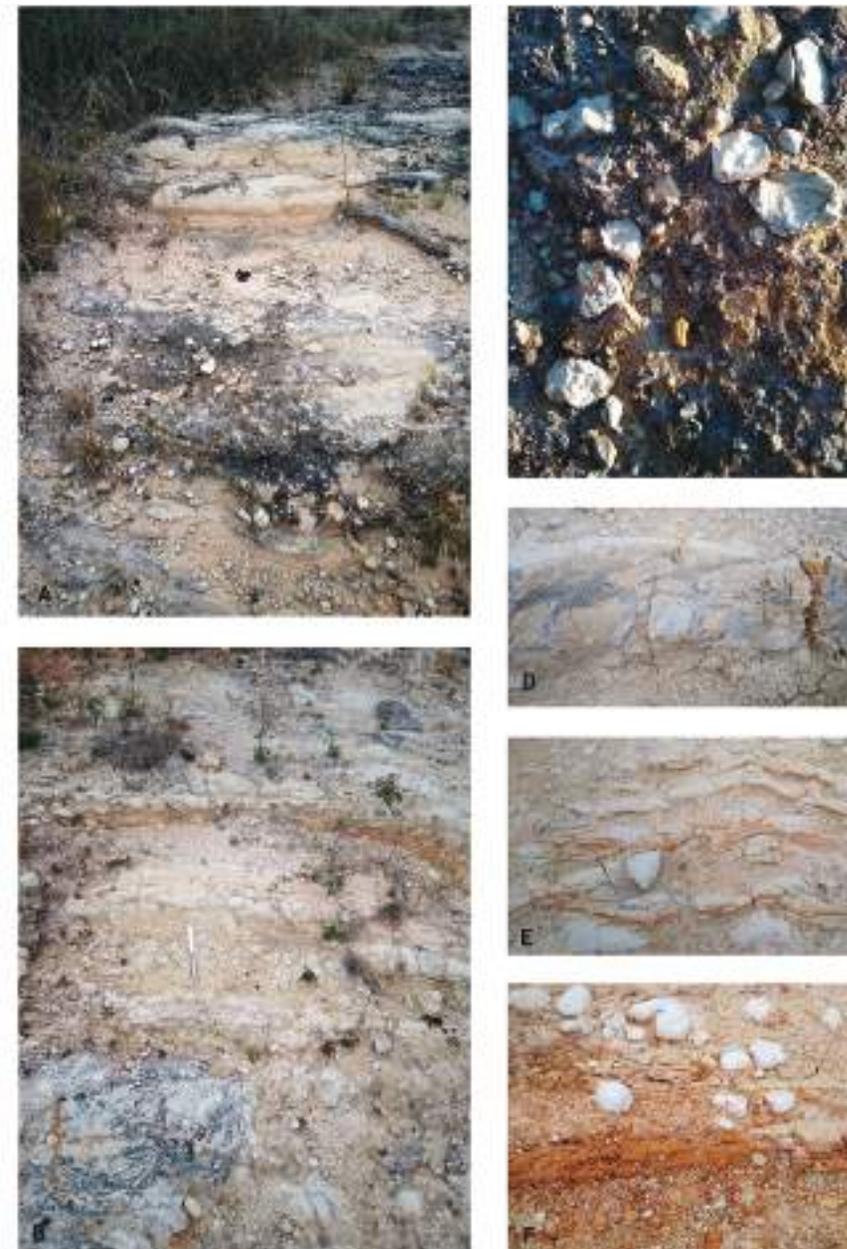


Figura 2. Columna litoestratigráfica general de la sección de San Vicente conformada por las formaciones Vertientes (parte baja flyschoide) y Florida (parte media-superior, clástica y carbonatada).

tización y carbonatización en grietas, también a la alteración por meteorización de óxidos de hierro rojizo y de manganeso de color negro (**Figura 3D-F**).

Esta secuencia corresponde por su edad, con más probabilidad al Paleoceno Tardío (Menéndez-Peñate *et al.*, 2011); y también, según la actualización sobre la asociación microfósil que se brinda (**Tabla 1**).

Más adelante, en la parte media del corte, en el piso del raspado extractivo, continúa una secuencia de brecha calcárea y brecha-conglomerado, con matriz arenosa, de unos 10-15 m de espesor. Esta secuencia se asume como el tránsito a la Formación Florida; la cual se reconoce en el campo por estas típicas litologías, clástico detríticas gruesas (**Figuras 3C, 4**). En este intervalo fueron colectados, con control estratigráfico, algunos de los elementos conservados de vertebrados, junto a abundantes y diversos elementos de invertebrados.

En la secuencia clástica, con capas de base erosiva, se determinan variedades litológicas transicionales, brecha calcárea, conglomerado polimíctico y brecha-conglomerado, sin selección del grano, con aspectos caóticos y de composición variable, de cantos carbonatados y siliciclásticos (**Figura 4A-B, D**). También, participan litoclastos, de subangulosos a redondeados, de vulcanitas, principalmente de composición media a ácida, lava andecítica, dacítica a riolítica, rocas de alteración hidrotermal metasomática y tobas silicificadas, entre otras (4E). La matriz es inmadura, desde microconglomerática, arenosa hasta areno-margosa, con cantos mezclados, tanto por su composición y granulometría, como por la relación de esfericidad versus angulosidad. Además, aparecen algunos clastos carbonáticos angulosos afectados por karstificación (**Figura 4C**). La meteorización ha propiciado la liberación del material clástico desde la matriz, que da lugar a reagrupamientos contemporáneos (4F).

Hacia el lado sur y este de la cantera afloran lutita calcárea y margosa, con clastos carbonatados que deben ser asignados a la Formación Florida; sin embargo, este hecho no concuerda con el mapa geológico del área, lo cual pudiera estar justificado por su escala regional (levantamiento realizado a escala 1:250 000,

Belmustakov *et al.*, 1981). La asociación de foraminíferos planctónicos, estudiada en trabajos previos, arrojó una edad de Eoceno Temprano a Medio para esta secuencia de la parte alta del corte. La asociación microfósil revisada del depósito confirma estas edades, con algunas ligeras variaciones (**Tabla 3**).

No obstante, en una muestra tomada en la excavación, se identificó una asociación de microfósiles de edad Maastrichtiano Tardío; al parecer, correspondiente a algún extraclasto, pues no se ha encontrado ningún afloramiento de esa secuencia en el área desatapada hasta ahora (Menéndez-Peñate *et al.*, 2011).

Marco temporal del registro fósil

Para esta localidad fosilífera de Cuba central, establecer la edad de la asociación macrofósil reelaborada y de los microfósiles acumulados en el contexto sedimentológico de la secuencia estudiada, fue de cardinal utilidad. Ello está relacionado con el potencial aporte al conocimiento del registro de vertebrados del territorio cubano y con la paleogeografía que pudo existir en la región, al final del periodo Cretácico.

En el depósito de San Vicente es necesario distinguir, entre la edad del registro estratigráfico (paleogénico) y la correspondiente al registro fósil, de micro- y macrofósiles (reelaborados cretácicos y mezclados, con los acumulados paleogénicos), pues en este caso, estos registros resultan diacrónicos, dados los diferentes orígenes en los aportes y la deposición final en la cuenca paleogénica (Rojas-Consuegra *et al.*, 2011; Menéndez-Peñate *et al.*, 2011).

Edad de las entidades reelaboradas

Al NO de la ciudad de Ciego de Ávila, a unos 3-5 km de San Vicente, se extiende la Formación Presa Jimaguyú, la cual se caracteriza por una rica asociación de moluscos rudistas, donde está situada el área de tipo de las especies *Antillocaprina annulata* y *A. pugniformis*; además es abundante *Titanosarcolites giganteous*, *Macgillavryia nicholasi*, *Mitrocaprina tschoppi*, *Thyrastylon adhaerens*, *Biradiolites* spp., *Bournonia* sp., *Plagiptychus* sp.; también, se cuentan otros bivalvos, equinodermos y foraminíferos orbitoidales

grandes. Este rico registro microfósil demuestra la edad Maastrichtiano de esta unidad (Douville, 1926a, b, 1927; Palmer, 1933; Sánchez-Roig, 1949; Rojas-Consuegra *et al.*, 1995; Rojas-Consuegra, 2005; Varela y Rojas-Consuegra, 2011).

Como se ha mencionado, los invertebrados de la

localidad, tanto macro- como microfósiles, han sido estudiados de forma general en años previo (Rojas-Consuegra *et al.*, 2011; Menéndez-Peñate *et al.* 2011; Villegas-Martín y Rojas-Consuegra, 2012; Rojas-Consuegra, 2015), que confirman también esa edad para los elementos y entidades reelaboradas.

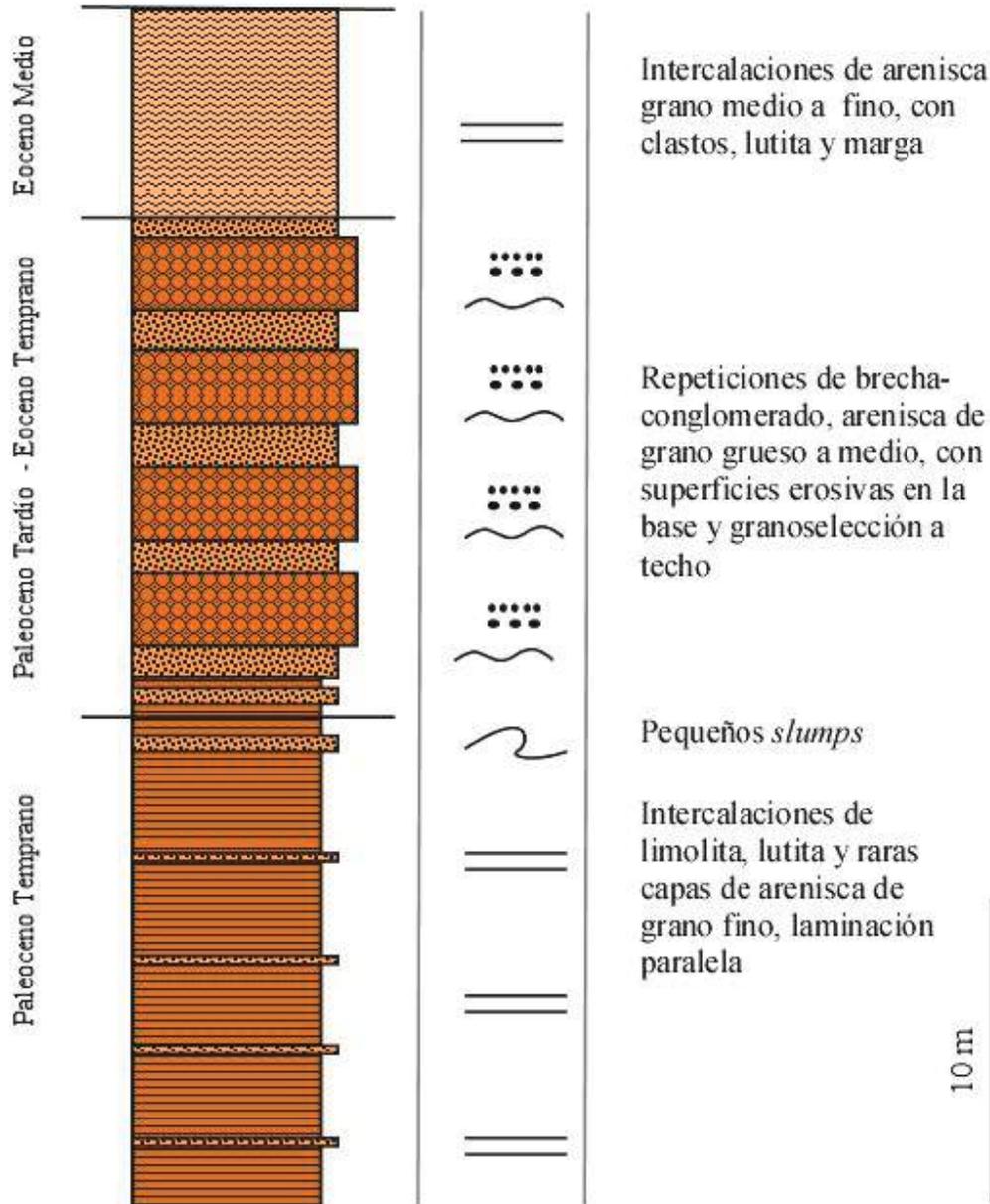


Figura 3. Litologías expuestas pertenecientes a la formaciones Florida (A - parte superior y C) y Vertientes (D-F), en la excavación San Vicente, Ciego de Ávila. A - secuencia de brecha-conglomerado y arenisca. B - secuencia de lutita, limolita, arenisca y marga. C - detalle de la brecha-conglomerado, de composición polimíctica, con clastos mezclados sin selección. D - capa de lutita calcárea con grietas rellenas por dolomita y óxido ferroso. E – secuencia de limolita y arenisca con slumps entre lutita margosa. F - capa con fuerte oxidación de la materia orgánica.

En la facies de brecha-conglomerado, se destacan los fragmentos de aquellas fuertes conchas de diversas especies de rudistas (*T. giganteous*, *M. nicholasi*, otros antilocaprínidos, radiolítidos, biradiolítidos e hipurítidos), ostreidos, otros bivalvos, gasterópodos (nérineidos y turritélidos), equinodermos; además, variados macroforaminíferos. Llamativo en el depósito es la abundancia de moldes internos de invertebrados (la mayoría de rudistas) de diferentes dimensiones y morfologías, junto a fragmentos subordinados de conchas, pero con la ausencia de conchas completas (ver también en varias referencias).

Son muy abundantes los elementos conservados referentes a los equinodermos, se destacan las radiolas diversas, escasos esqueletos y raras placas aisladas de equinoides. Además, se recuperan discos sueltos y segmentos de tallos de crinoides, corales, briozoos y algas (Rojas-Consuegra *et al.*, 2011; Menéndez-Peñate *et al.*, 2011; Rojas-Consuegra, 2015).

En particular apareció, como segunda localidad en Cuba, la rara concha (tubos cónicos acostillados milimétricos) del serpúlido poliqueto de la especie *Pyrgopolon onix* (antes *Hamulus onix*), típica del Maastrichtiano (Villega-Martín y Rojas-Consuegra, 2016; Rojas-Consuegra, 2021). También, se identificaron huellas de bioerosión sobre litoclastos calcáreos (alóctonos) pertenecientes a los icnogéneros *Oichnus* y *Tripanites* (Menéndez-Peñate *et al.*, 2011; Villega-Martín y Rojas-Consuegra, 2012).

Sobre los elementos conservados cretácicos, se observan relictos del sedimento litificado (cementado y recristalizado en parte), en que estuvieron acumulados antes de ser erosionados y otra vez transportados. En este predomina el grano grueso a medio (*rudstone-grainstone*), constituido por detritos biogénicos, granos minerales y conchas de foraminíferos orbitoidales bentónicos grandes (FOBG) típicos del Maastrichtiano. En la matriz o relleno sedimentario (*grainstone-packstone*) de cavidades intrabioclasticas, que presenta la mayoría de los elementos conservados, así como constituyente de los moldes recuperados, también aparecen los mencionados FOBG (Rojas-Consuegra *et al.*, 2011; Menéndez-Peñate *et al.*, 2011; Rojas-Consue-

gra, 2015). En una muestra tomada en San Vicente (sin un control estratigráfico preciso), se determinaron abundantes foraminíferos planctónicos (FP) cretácicos: *Pseudotextullaria elegans*, *Pseudotextullaria intermedia*, *Globotruncanita stuarti*, *Racemiguembelina fructicosa*, *Planoglobulina multicamerata*, *Globigerinelloides* sp., *Gansserina gansseri*, *Globotruncana* aff. *arca.*, *Globotruncanella petaloidea*, *Rugoblobigerina rugosa*, *Heterohelix* sp., algunos foraminíferos bentónicos y cámaras de ostrácodos. Este conjunto parece corresponder a la biozona *Gansserina gansseri*, edad Maastrichtiano Superior Tardío (Menéndez-Peñate *et al.*, 2011).

Esta asociación de microfósiles señala un ambiente de deposición propio de la parte externa distal de una plataforma marina. Como no ha sido posible encontrar algún afloramiento de esta edad en el área, se asume que esta muestra correspondió a un clasto (procedente de las secuencias del borde o el fondo de la cuenca), redepositado dentro de uno de los flujos debrito-turbidíticos mencionados.

Otra posibilidad, es que cerca del punto de trabajo afloren las rocas del Maastrichtiano, desde donde puedo ser traído el material muestreado. En el mapa geológico, se observa que a nivel regional, el contacto entre las rocas cretácicas y las paleogénicas, es rectilíneo, lo que sugiere la existencia de una falla, pero sin revelar en el área de estudio.

Edad de las entidades acumuladas

Para los sedimentos arenoso-lutíticos se ha determinado una rica asociación de foraminíferos planctónicos (FP) y otros microfósiles como ostrácodos y radiolarios, todos de edad Paleoceno Superior a Eoceno Temprano (Menéndez-Peñate *et al.*, 2011). Un icnofósil in situ ha sido identificado como *Planolites* isp. (Villega-Martín y Rojas-Consuegra, 2012).

En particular, la edad del depósito fosilífero primario podría quedar restringida como máximo, al final del Cretácico Tardío Maastrichtiano. En todo caso, se deduce que las entidades taxobiotémicas correspondientes a las entidades conservadas, observadas y obtenidas (invertebrados y vertebrados), habrían habitado du-



Figura 4. Litologías propias del depósito fosilífero San Vicente. A - conglomerado-brecha en sección; B - aspecto caótico de la brecha calcárea con matriz polimítica; C - clastos karstificados entre capas turbidíticas; D - conglomerado en matriz más calcárea; E - brecha-conglomerado polimítico; F - material clástico desprendido por la meteorización. (Escala: Piqueta - 28 cm de largo, cuchillo de mesa - 23 cm, moneda – 2.6 cm).

No.	*Taxones / Muestras	1	2	3	4	5	6	7-11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	
1	Bivalvos		f					(ind)											
2	Macroforaminíferos	X	X	X	a		X		a	a	a		a	a	e			e	e
3	Foraminíferos bentónicos														a				
4	Foraminíferos planctónicos						f		f						a				
5	Ostrácodos												X	X	X				
6	Miliolidae					X													
7	Radiolarios	e	e																
8	Spumellaria	X																	
9	Nassellaria	X																	
10	Acarina sp.	X			X				X	X		X				X			
11	Morozovella sp.								X	X									
12	Morozovella aequa				X							X							
13	Morozovella formosa											X		X					
14	Morozovella lensiformis											X							
15	Acarina coalingensis											X							
16	Pseudohastigerina wilcoxensis											X							
17	Pseudohastigerina sp.											X					X		
18	Chiloguembelina crinita											X							
19	Subbotina roesnaesensis											X							
20	Cassigerinella sp.											X							
21	Acarina wilcoxensis											X							
22	Acarina pseudotopilensis												X						
23	Acarina soldadoensis												X				X		
24	Acarina aspensis												X						
25	Acarina quetra												X						
26	Morozovella subbotinae												X						
27	Morozovella aragonensis														X				
28	Acarina pentacamerata														X				
29	Globigerina sp.														X				
30	Pseudohastigerina sp.														X				
31	Globigerina sp.																X		
32	Chiloguembelina crinita																X		
33	Chiloguembelina sp.																X		
Edades:		P	ind	P	P4c-E5		ind		P. Tempr. -E. Med.			E4-E5; E. Med.	P5-E5	E4-E5; E7a	E5-E7a; E. Med.	E. Med.		ind	
Paleoceno Tardío – Eoceno Temprano (P4c-E5)												Eoceno Temprano (E5) y Eoceno Medio							

Tabla 1. Registro microfósil de San Vicente (ver Menéndez-Peñate, 2011, fig. 2), actualizada por Karen Carballo Rosado (CEINPET).

rante el Maastrichtiano en la región del Protocaribe. Se impone tener en cuenta que aquella fue una paleogeografía dinámica, muy cambiante debido a la acreción tectónica que estaba ocurriendo (Iturralde-Vinent, ed., 2019) y además, por los drásticos cambios geoambientales inducidos a consecuencia del impacto de Chicxulub en el límite K-Pg (Denne *et al.*, 2013; Arz *et al.*, 2022). De este modo, las entidades (reelaboradas) registradas en la localidad, se valoran como adámicas (Fernández-López, 2000).

No obstante, la matriz de la facies de brecha-conglomerado (del conjunto clástico, heterolítico y caótico), que conforma el nivel establecido como fosilífero con los posibles restos de vertebrados, es más probable del Paleoceno Tardío-Eoceno Medio, según los FP (**Tabla 1**). Hay que señalar que, en todas las muestras analizadas con posterioridad (2018), tomadas de las capas de brecha-conglomerado, sólo se encontraron microfósiles del Paleógeno (José A. Arz e Ignacio Arenillas, comun. pers.), lo cual confirma la edad del depósito fosilífero secundario, rico en las entidades conservadas

alóctonas. El registro fósil acumulado durante esta etapa paleoambiental y evolutiva, es propio de aquella paleogeografía paleogénica, por lo que estas entidades se consideran eudémicas (Fernández-López, 2000).

Paleogeografía del área

El área de estudio está situada al este del afloramiento de las vulcanitas cretácicas de la unidad informal Tobas San Mateo (Fm. Caobilla) (**Figuras 1 y 5**). En la región se comprueba, según las observaciones de campo, la existencia de una estructura paleovolcánica de tipo central (Gurugú), representada por lavas y lavabrechas andesíticas, dacíticas, riolíticas y traquílicas, que ocupan aun hoy la parte alta del relieve local (Belmustakov *et al.*, 1981).

No obstante, en la zona hay rocas originadas en al menos dos ciclos volcánicos, que se presume más antiguo (Albiano-Coniaciano), con xenolavas, lavabrechas y tobas, atravesadas por cuerpos subvolcánicos o intrusivos, en forma de diques, con dirección principal NE-SO (dirección de la falla La Trocha). También se ven

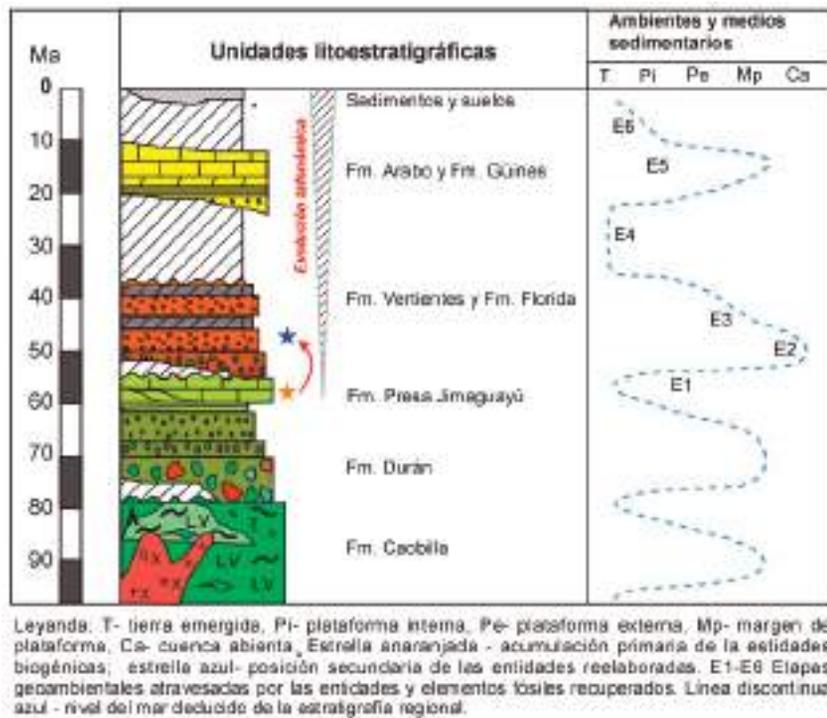


Figura 5. Posición estratigráfica del depósito paleontológico San Vicente. El lapso entre las estrellas corresponde a la producción biogénica hasta la tafogénica más activa. Nótese el intervalo total de la evolución tafonómica de las entidades conservadas y registradas (Cretácico Tardío a la actualidad).

lavas fluidales, ácidas, como traquitas y riolacitas. También se hallan tobos de diferentes tipos y hasta calizas grietas con rudistas (*Berrettia* sp.) del Campaniano (Dommelen, 1971; Rojas-Consuegra, 2005).

Se conoce que existieron etapas significativas de terrenos emergidos en la región, a lo largo de los complejos procesos vulcánicos pretéritos, relacionadas con los recesos en la actividad efusiva: al menos en el Albiano-Cenomaniano, Campaniano Medio y otros de corta duración, a escala local (Belmustakov *et al.*, 1981).

Notable es que en el área, asociado a las vulcanitas, se formaron depósitos minerales. En la zona se explotó cobre, mediante pozos de minas y galerías. Aun hoy se descubren restos de escombreras, mineralización sulfurosa (calcopirita y pirita) y los carbonatos (malaquita y azurita), limonita, cuarzo y calcita con contenidos de plata y oro. Litoclastos y granos minerales, de similar composición que algunos de los mencionados, se reconocen entre el detrito del depósito fosilífero trabajado.

Esta estructura paleovolcánica cretácica constituyó ya una tierra emergida en el Campaniano Medio tardío (75-72 millones de años - Ma), (ver mapa geológico, **Figura 1**). Alrededor de esta isla se desarrolló la plataforma carbonatada maastrichtiana (Formación Presa Jimaguayú – Etapa E1, **Figura 5 y 6**). Solo existe una pequeña área donde aparecen sedimentos siliciclásticos del Campaniano Superior tardío que cubren a las vulcanitas, muy cercano al centro de la deducida estructura paleovolcánica. Entre el Cretácico y el Paleógeno se distingue a nivel regional una discordancia con un pequeño hiato (E2).

Según se conoce, el terreno del sistema de arcos volcánicos intraoceánicos de islas del Cretácico, que marcaba el borde oeste o suroeste del Protocaribe, al ocurrir el impacto de Chicxulub estaba situado hacia el este de la península de Yucatán, México (Hildebrand *et al.*, 1991). Es así, que el miembro clástico-detrítico calcáreo El Brazo (Formación Presa Jimaguayú) en esta zona, podría ser resultado o contener los depósitos del límite K-Pg (Rojas-Consuegra y De Huelbes, 2021).

Este evento implicaría una fuerte erosión del terreno volcánico extinto y su cobertura sedimentaria, ya emergidos, con la removilización de grandes volúmenes de sedimentos cretácicos, pre-paleogénicos.

Durante el Paleoceno Superior al Eoceno Medio (E3), se acumularon sobre el substrato cretácico sedimentos siliciclásticos turbidíticos a carbonatados (formaciones Vertientes y Florida), en medios de plataforma abierta, por momentos bastante profundos (hemipelágicos).

Después de una emersión (E4), con posterioridad, gran parte del territorio fue rodeado por un mar poco profundo (E5), donde se consolidaron sedimentos areno-arcillosos y carbonáticos durante el Mioceno Inferior a Medio (formaciones Arabo y Güines). Ya para el Mioceno Medio todo el territorio quedaría emergido en forma definitiva hasta la actualidad (E6).

De esta evolución paleogeográfica, se deduce que el área paleovolcánica ha constituido tierra emergida, de modo más o menos eventual con un área variable, desde hace unos 70 Ma (**Figuras 5 y 6**). Según los diferentes niveles que alcanzó el mar durante las transgresiones regionales sufridas en el Cretácico (Campaniano - Maastrichtiano), Paleógeno (Paleoceno - Eoceno) y Neógeno (Mioceno), se supone que este territorio emergido sostuvo una biota en evolución, comparable a aquella desarrollada en el ambiente marino circundante en el Protocaribe (Iturralde-Vinent, ed., 2019).

La mineralogía observada en la matriz relíctica exterior que cubre a los bioclastos o en el interior de las cavidades biogénicas, incluye plagioclasa, feldspato, mica, magnetita y hematita, que muestran un aporte por arrastre desde tierras emergidas en su cercanía. Este hecho no permite descartar la posibilidad de que los restos recuperados hayan pertenecido a animales terrestres o a voladores costeros.

Etapas evolutivas geoambientales y tafonómicas

Como se deduce, diversos acontecimientos geoambientales influyeron sobre la evolución tafonómica de los restos fósiles obtenidos en el depósito San Vicente (**Figuras 5 y 6**). El ambiente tafonómico general del

depósito recibió la acción lito- y diagenética de aquellos disímiles procesos y condiciones actuantes en diferentes etapas geoambientales (E1-E6), que el área atravesara a lo largo de su génesis (**Figura 6**), a saber:

- E1.** Ambiente marino: (Maastrichtiano, aprox. 4 Ma: K2m) - enterramiento primario por producción biogénica y acumulación de las entidades registradas (diagénesis-litogénesis), en condiciones típicas de un fondo marino somero de plataforma carbonática nerítica tropical (Fm. Presa Jimaguayú).
- E2.** Ambiente terrestre: (Maastrichtiano final a inicio del Paleoceno, aprox. 2 Ma, K2m-P1, que comprendería el evento del límite K-Pg) - emersión del depósito con meteorización (diagénesis - hipergénesis), en condiciones subáreas o de enterramiento poco profundo, como es de esperar, en contacto con las aguas subterráneas vadasas o freáticas.

Deducida la erosión de las secuencias fosilíferas y la remoción de entidades (reelaboración inicial). No se descarta que el área fuera afectada por los procesos relacionados con el límite K-Pg, bien conocidos en amplias áreas del territorio cubano (Tada *et al.*, 2004; Alegret *et al.*, 2005; Goto *et al.*, 2008; Yamamoto *et al.*, 2010; Arz *et al.*, 2012; 2022; Arenillas *et al.*, 2016), dado que el Miembro El Brazo posee un marcado carácter clástico o detrítico grueso (Belmustakov *et al.*, 1981; De Hulebes, ed., 2013).

- E3.** Ambiente marino: (Paleoceno Tardío a Eoceno Medio, aprox. 22 Ma, P1-2) - subsiguiente transgresión e inundación (submarina o subterránea por infiltración), con presión de la carga hidro- y litostática (diagénesis - litogénesis), durante la nueva

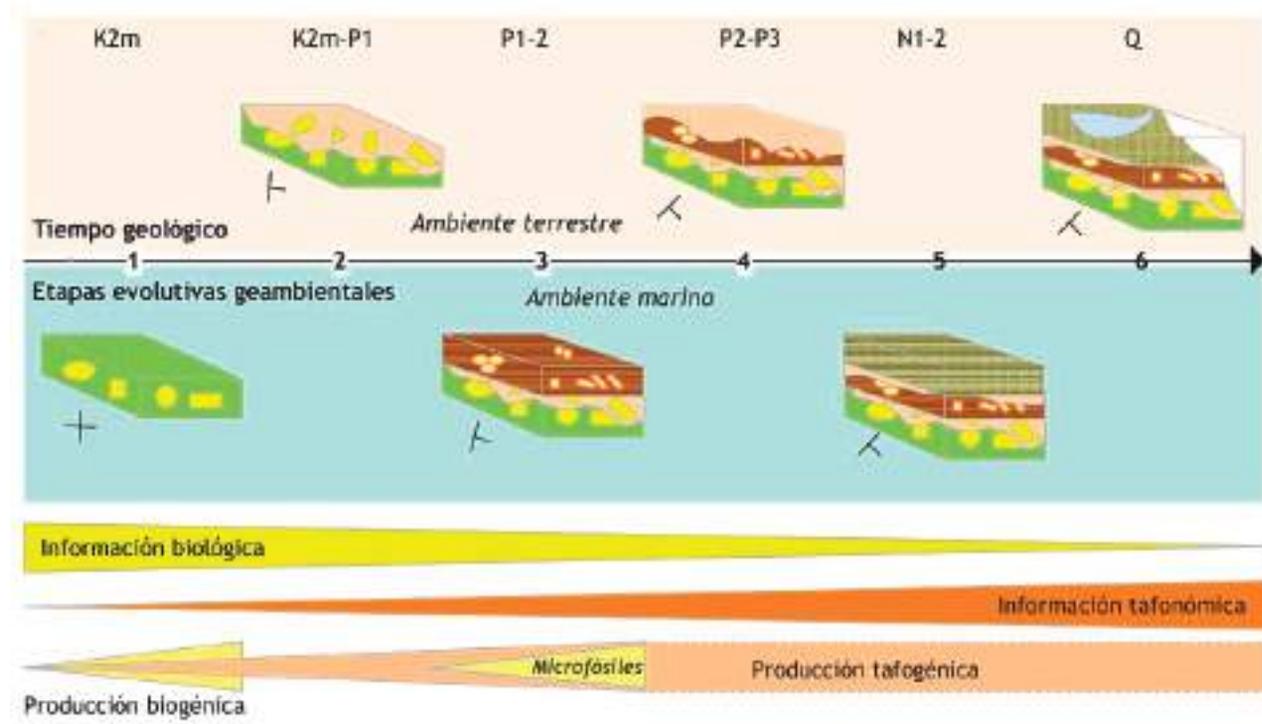


Figura 6. Esquema sobre las etapas geoambientales (E: 1-6) y procesos generales ocurridos durante la evolución tafonómica del depósito San Vicente y las entidades registradas.

transgresión marina, de somera a algo profunda. Hay una eventual caída del nivel relativo del mar (somerización rápida), con abrasión y reelaboración de las entidades, arrastre de material (debritas y turbiditas) desde los medios someros al talud y la cuenca abierta (reacumulación de las entidades alóctonas, alocrónicas y adémicas).

E4. Ambiente terrestre: (Eoceno Tardío a Mioceno Temprano, aprox. 21 Ma, P2-P3) - siguiente emersión del área, con el yacimiento en su subsuelo (diagénesis - hipergénesis), donde éste pudo recibir otra vez influencia de la meteorización (a juzgar por su posible escasa profundidad de enterramiento) y la acción de las aguas subterráneas (freáticas o vadosas). Se observan indicios, de una posible acción teletermal por migración de hidrocarburos en las capas de algún nivel siliciclástico-detrítico calcáreo. Además, potencial meteorización y erosión parcial de los depósitos.

E5. Ambiente marino: (Mioceno Temprano a Medio, aprox. 11 Ma, N1-2) - afectación posible de una nueva transgresión marina o al menos ubicación próxima a una zona litoral, con influencia de las aguas marinas de infiltración o las vadosas subterráneas (litogénesis y diagénesis). Potencial meteorización y erosión parcial de los depósitos.

E6. Ambiente terrestre: (Mioceno Tardío a Holoceno, aprox. 10 Ma, N2-Q) - emersión definitiva de todo el territorio hasta la actualidad, con ocurrencia de meteorización y erosión de las tierras emergidas (diagénesis e hipergénesis); influencia sostenida de las aguas vadosas y también, de forma temporal, de las freáticas y de los demás factores propios del clima global muy cambiante de esta etapa, por varios millones de años hasta hoy. Potencial meteorización y erosión parcial de los depósitos.

Como se calcula (**Figuras 5 y 6**), en la región y de forma parcial en el área, han existido largos periodos en que los mares predominaron (en suma unos 37 Ma) y otros casi equivalentes en duración total, donde se deduce la existencia de tierras emergidas (por unos 33 Ma), durante los últimos 70 Ma de la historia geológica y geoambiental de aquel espacio geográfico dinámico, que a la vez experimentaba una intensa traslación geotectónica, dada por la acreción del Protocaribe contra el margen meridional norteamericano (Iturralde-Vinent, ed., 2019).

Es así que, es presumible que varias oleadas de la biota con colonización y especiación, debieron sucederse mediante distintas vías y mecanismos desde los continentes vecinos a los terrenos antillanos (Silva-Taboada *et al.*, 2007; Iturralde-Vinent, ed., 2019; Viñola *et al.*, 2022). Ocurriría la producción de un correspondiente registro fósil, que hasta hoy ha sido poco revelado, o tal vez, aunque poco probable, haya sido obliterado en su totalidad durante la compleja evolución tafonómica por la que atravesó.

Las entidades paleobiológicas (deducidas de los taxobiotemas inferidos) de vertebrados fósiles (taxoregistros), que vivieron durante el Maastrichtiano, pudieron ser habitantes de los mares someros que rodeaban las tierras postvolcánicas del arco de islas de Las Antillas Mayores. Este archipiélago devenido «de pacífico en caribeño», en ese lapso estaría situado en el Protocaribe - mar Caribe primitivo, al E-SE del bloque continental de Yucatán, a varios cientos de kilómetros de su posición geográfica actual. Estos terrenos, como resultado de los movimientos geotectónicos de acreción al N-NE, llegaron a formar parte del substrato geológico cubano desde el Eoceno Medio - Tardío hasta la actualidad (Iturralde-Vinent, ed., 2019).

Registro de vertebrados cretácicos

El registro fósil del periodo Cretácico en el territorio cubano, está integrado por una abundante diversidad de invertebrados, microfósiles, icnofósiles, plantas, polén y esporas (Rojas-Consuegra, 2021).

Entre los vertebrados marinos de este periodo solo se conocía una placa dentaria de un tiburón (Mut-

ter *et al.* 2005) y reportes de escamas, huesecillos y dientes no identificados de peces óseos (Kantshev *et al.*, 1976 y otros; Rojas-Consuegra, 2014; 2018; 2021). En años recientes el registro fósil cretácico del país ha aumentado de forma significativa, gracias a varios hallazgos en la región Potrerillo-Rodas, en la provincia de Cienfuegos. Entre los peces se reportó un nuevo tiburón fósil del grupo de los lamniformes (Ceballos *et al.*, 2021); pero muy destacado ha sido el reporte de un diente atribuido a un mosasaurio cretácico (Borges, 2016a, b).

Además, de alta importancia biogeográfica, es la identificación también del primer pterosaurio para el Cretácico en Cuba (Cerda *et al.*, 2019). A estos vertebrados fósiles se adicionan semillas y otros restos de plantas (Viñola *et al.*, 2022); y existe hoy abundante material en estudio de esta propia región.

La localidad de San Vicente se adiciona, con cautela, a los sitios con vertebrados fósiles en Cuba (Rojas-Consuegra, 2015), aun cuando se necesita de estudios complementarios.

CONCLUSIONES

La presencia de entidades reelaboradas cretácicas en niveles clástico-caóticos paleogénicos, dentro de la etapa sinorogénica del territorio cubano y que ha sufrido los procesos asociados a la evolución geoambiental del territorio, es una manifestación de diágonía, entre registro estratigráfico s.s. versus el registro fósil. Este es un hecho a tener en cuenta en la bioestratigrafía cubana.

La evolución tafonómica del depósito fosilífero estudiado muestra distintas etapas en su génesis: lapso del Maastrichtiano al Paleoceno Tardío - Eoceno Medio. Se deduce una caída relativa del nivel del mar en la cuenca (Eoceno Medio), con el transporte desde la zona litoral y nerítica de las entidades reelaboradas cretácicas, que conllevó a una acumulación secundaria, alóctona y alocrónica, paleogénica (E1-E3). Además, se identifican otras etapas hasta la actualidad (E4-E6). La edad (Paleoceno Tardío - Eoceno Medio) de «San Vicente», lo sitúa en la etapa sinorogénica regional. Los rasgos de actividad sísmica, expresada en

micro slumps, previo a la ocurrencia de los depósitos clásticos gruesos, revela la inestabilidad tectónica que afectó esta cuenca a cuesta (piggyback basin).

En correspondencia con lo anterior, la evolución tafonómica total de las entidades reelaboradas registradas en San Vicente, tomaría un largo lapso del tiempo geológico, del Maastrichtiano al Cuaternario (actualidad).

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece 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, Yusdany Rodríguez, Kevin y Kelin Jiménez Rodríguez. El agradecimiento a los especialistas que han colaborado con información: Dr. José Antonio Arz y Dr. Ignacio Arenillas (España), Dr. Daniel Perea (Uruguay) y al el MSc. Ernesto Aranda Pedroso por la revisión del manuscrito inicial. A la Lic. Keren Carballo Rosado por la revisión del listado micropaleontológico y a la MSc. Lorenza Mejás Rodríguez por el mapa geológico, ambas especialistas de CEINPET. Al Dr. Cs. Osvaldo Rodríguez Morán y al Dr. Cs. Manuel E. Pardo Echarte por la invitación y apoyo para contribuir con la revista Geociencias de la Universidad Olmeca. A los arbitros y los editores finales por mejorar el trabajo. A las instituciones donde he laborado MNHNC y CEINPET. Todos ellos han aportado de muchas maneras al presente resultado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Díaz, C., Grajales-Nishimura, M., Meléndez, A., Molina, E., Rojas-[Consuegra], R. and Soria, A. R., 2005, Cretaceous-Paleogene boundary deposits at Loma Capiro: evidence for the Chicxulub impact: *Geology*, 33(9), 721-724.
- Arenillas, I., Arz, J.A., Grajales-Nishimura, J.M., Rojas, 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 Koeberl, 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, p. 1-134.
- Arz, J.A., Arenillas, I., Menéndez-Peñate, L., Rojas-Consuegra, R., Meléndez, A., Grajales-Nishimura, J.M., Rosales-Domínguez, M.C. Ceballo-Melendres, O., 2012**, Resultados preliminares sobre la edad y emplazamiento de una unidad clástica relacionada con el impacto de Chicxulub, en Fomento (Cuba central), en XXVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, España, p. 19-22.
- Borges-Sellén, C.R., Arano-Ruiz, A.F., Ceballos, Y., 2016a**, The mystery tooth of Rodas, Cuba: A Mosasaur in the Cretaceous Caribbean?: *Fossil News*, 19 (3), 39-44.
- Borges-Sellén, C.R., Arano-Ruiz, A.F., Ceballos, Y., 2016b**, Monstruos marinos: El diente fósil de Rodas: *Juventud Técnica*, 392, 10-15.
- Belmustakov, E., Dimitriva, E., Ganev, M.; Haydutov, 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: 250000: La Habana, Instituto de Geología y Paleontología, MINBAS (Inédito), 1 mapa y texto.
- Ceballos-Izquierdo, Y., Viñola-López, L.W., Borges-Sellén, C.R., Arano-Ruiz, A.F., 2021**, Late Cretaceous sharks from Cuba, first record of *Serratolamna serrata* (Agassiz) (Lamniformes, Serratolamnidae): *Geobios*. www.elsevier.com/locate/geobios
- Cerda, I.A., Codorníu, L., Gasparini, Z., Borges Sellén, C.R., Viñola López, L.W., Arano Ruiz, A.F., Ceballos, Y., 2019**, Primer registro de pterosauria (Archosauria; Ornithodira) para el Cretácico de Cuba (resumen), en Reunión de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina: Argentina, Asociación Paleontológica Argentina, p. 98-99.
- De Huelbes, J. (ed.), 2013**, *Léxico Estratigráfico de Cuba*: Instituto de Geología y Paleontología / Servicio Geológico de Cuba (IGP/SGC), La Habana, (cd-rom).
- Denne, R., Scott, E., Eichkoff, D., Kaiser, J., Hill, R., Spaw, J., 2013**, Massive Cretaceous-Paleogene boundary deposit, deepwater Gulf of Mexico: New evidence for widespread Chicxulub-induced slope failure: *Geology*, 41, 987-990.
- Dommelen, H. Van. 1971**, Ontogenetic, Phylogenetic and Taxonomic Studies of the American Species of Pseudovaccinites and of Torreites and the Multiple Hippuritids: Amsterdam, University of Amsterdam, Doctoral thesis, 125 pp.
- Douvillé, H., 1927**, Nouveaux Rudistes du Crétacé de Cuba: *Bulletin of the Geological Society of France*, 27 (serie 4a), 49-56.
- Douvillé, H., 1926a**, Quelques fossiles de Crétacé supérieur de Cuba. Planche IV: *Bulletin of the Geological Society of France*, 26 (3-4-5), 127-138.
- Douvillé, H., 1926b**, Quelques fossiles de Crétacé supérieur de Cuba. Planche VII et VIII: *Bulletin of the Geological Society of France*, 26 (3-4-5), 127-138.
- Fernández López, S., 2000**, *Temas de Tafonomía*:

- España, Dpto. Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, 167 pp.
- Goto, K., Tada, R., Tajika, E., Iturralde-Vinent, M.A., Matsui, T., Yamamoto, S., Nakano, Y., Oji, T., Kiyokawa, S., Garcia, D., Otero, C., Rojas-[Consuegra], R.,** 2008, Lateral lithological and compositional variations of the Cretaceous/Tertiary deep-sea tsunami deposit in northwestern Cuba: *Cretaceous Research*, 29(2), 217-236.
- Hildebrand, A.R., Penfield, G.T., Kring, D.A., Pilkington, M., Camargo, Z.A., Jacobsen, S.B., and Boynton, W.V.,** 1991, Chicxulub crater: A possible Cretaceous/Tertiary boundary impact crater on the Yucatán Peninsula, Mexico: *Geology*, 19, 867-871.
- Humboldt, A.,** 1826, Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 et 1804: Gide, Paris, 2, 229-231.
- 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). 940 pp.
- Iturralde-Vinent, M.,** 1966, Comentarios a la obra Geología de Cuba del Instituto Cubano de Recursos Minerales: *Revista Tecnológica*, 4(5), 18-21.
- Instituto de Geología y Paleontología (IGP),** 2010, Mapa geológico de Cuba a escala 1:100000: La Habana, Cuba, 1 mapa.
- Iturralde-Vinent, M. A. (ed.),** 2019, Geología de Cuba y del Caribe: Compendio, La Habana. Tercera Edición, Editorial CITMATEL (cd-rom).
- Kantshev, I., Boyanov, I., Popov, N., Cabrera, R., Goranov, A., Iolkicev, I., Kanszirski, M. y Stancheva, M.,** 1976, 1978, Geología de la provincia de Las Villas. Resultado de las investigaciones y levantamiento geológico a escala 1: 250 000: Academia de Ciencias de Cuba y Bulgaria, Instituto de Geología y Paleontología, Oficina Nacional de Recursos Minerales, La Habana (Inédito), 1480 pp.
- Lewis Jr., P.D.,** 1957, Reconnaissance Geology of the Vertientes - Francisco area: Oficina Nacional de Recursos Minerales, La Habana (Inédito), 235 pp.
- 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.
- Mutter, R.J., Iturralde-Vinent, M. y Fernández-Carmona, J.,** The first Mesozoic Caribbean shark is from the Turonian of Cuba: *Ptychodus cyclodontis* sp. nov. (?*Neoselachii*): *Journal of Vertebrate Paleontology*, 25 (4), 976-978.
- Palmer, R. H.,** 1933, Nuevos Rudistas de Cuba: *Revista de Agricultura, Comercio y Trabajo*, 14, 95-125.
- 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.,** 2018, Pececillo fósil «Veloz»: *Boletín Ceinpetillazo*, Grupo Ceinpet de la Sociedad Cubana de Geología, La Habana, 1(3), p.13.
- Rojas-Consuegra, R.,** 2015, 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.** 2014, 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: La Habana, Centro Nacional de Información Geológica (IGP), (cd-rom), 15 pp.
- Rojas-Consuegra, R.**, 1990, Capítulos Tectónica; Historia del Desarrollo Geológico y Estratigrafía de las Rocas Sedimentarias, en Piñero, E. *et al.*, 1990, Informe sobre los resultados del Levantamiento Geológico complejo 1:50 000 del Polígono Camagüey II, Sectores Ciego de Ávila y Vertientes: Instituto de Geología y Paleontología (inédito), La Habana, 1120 pp.
- 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, (cd-rom), 18 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.
- 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 III Convención de Ciencias de La Tierra: La Habana, Sociedad Cubana de Geología, (cd-rom), 12 pp.
- Sánchez-Roig, M.**, 1949, Los equinodermos fósiles de Cuba: Paleontología Cubana 1, La Habana, 330 pp.
- Silva-Taboada, G., Suárez, W. y Díaz-Franco, S.**, 2007, Compendio de los mamíferos terrestres autóctonos de Cuba: vivientes y extinguidos: Ediciones Boloña, La Habana, 465 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. Garcia-Delgado, C. Diaz-Otero, R. Rojas-Consuegra**, 2004, K/T boundary deposit in the proto-Caribbean basin: American Association of Petroleum Geologists Memoir, 79, 582-604.
- Varela, C. y Rojas-Consuegra, R.**, 2011, El registro fósil de los crustáceos decápodos (Arthropoda, Crustacea) marinos de Cuba, en III Convención sobre Ciencias de La Tierra: La Habana, Sociedad Cubana de Geología, (cd-rom), 10 pp.
- Villegas-Martín, J. y Rojas-Consuegra, R.**, 2012, Ichnology of Cuba: present state of knowledge, in Guimarae, R. N. *et al.*, 2012 (Ed), Ichnology of Latin America: Selected papers. Monografias da Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2, 99-106.
- Villegas-Martín, J., Rojas-Consuegra, R., Klomp-maker, A. A.**, 2016, Drill hole predation on tubes of serpulid polychaetes from the Upper Cretaceous of Cuba: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 455, 44-52.
- Viñola-López, L.W., Cerda, I.A., Correa-Narvaez, J., Codorniú, L., Borges-Sellén, C.R., Arano-Ruiz, A.F., Ceballos-Izquierdo, Y.** 2022, New fossils shed light into the Late Cretaceous terrestrial community in the Caribbean and the First American Biotic Interchange: Cretaceous Research, 130. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2021.105067>
- Yamamoto, S., Hasegawa, T., Tada, R., Goto, K., Rojas-Consuegra, R., Díaz-Otero, C., Garcia-Delgado, D. E., Yamamoto, S., Sakuma, H., Matsui, T.**, 2010, Environmental and vegetational changes recorded in sedimentary leaf wax n-alkanes across the Cretaceous–Paleogene boundary at Loma Capiro, Central Cuba: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 295, 31-41.