

Caracterización geológica y geomorfológica de la península de Guanahacabibes, Cuba

Carlos Díaz-Guanche
Roberto Denis-Valle
Robert Ramírez-Hernández
Carlos Rafael Rosa-Saavedra
Elmidio Estévez-Cruz
Alexis Ordaz-Hernández

Resumen

El artículo expone los principales rasgos geológicos y geomorfológicos de la península de Guanahacabibes, llanura cársica desarrollada sobre rocas carbonatadas pliocénicas y cuaternarias y territorio considerado reserva de la biosfera. Su rasgo morfológico principal es el predominio de amplios campos de lapiez desnudo o parcialmente cubierto, sin drenaje superficial, asociados con casimbas pequeñas colmatadas, cavernas de origen freático y dolinas de disolución y desplome, con un amplio control litológico y tectónico. A la rica gama de procesos cársicos presentes en la península se vincula, un universo biótico muy singular, complejo y altamente vulnerable, desarrollado de forma armónica durante miles de años.

Palabras clave: Guanahacabibes; carso; geomorfología; lapiez.

Geological and geomorphological characterization of the Guanahacabibes peninsula, Cuba

Abstract

The article presents the main geological and geomorphological traits of the Guanahacabibes peninsula, a carsic prairie developed above Pliocene and quaternary carbonate rocks also considered a Biosphere's Reserve. The most remarkable trait is the predominance of naked and partially covered lapiez fields without surface drainage associated with small silted casimbas, caverns of phreatic origin and dissolution and collapse dolines, with a wide lithological and tectonic control. A very singular, complex and highly vulnerable biotic universe is associated with the rich variety of carsic processes occurring in the peninsula, which has harmonically developed during thousands of years.

Keywords: Guanahacabibes; carso; geomorphology, lapiez.

1. INTRODUCCIÓN

Proteger la integridad ecológica de ecosistemas de importancia internacional, regional, nacional o local, y manejarla con fines de conservación como reserva de la biosfera, es imposible sin el conocimiento científico y riguroso de todos los elementos que los integran.

Los espacios cárscicos constituyen un universo muy singular, complejo y altamente vulnerable, por lo que son estudiados en profundidad más allá del contexto geológico, como una herramienta importante en el conocimiento y manejo eficiente de los recursos hídricos y la predicción y mitigación de los peligros naturales (Hernández et al. 2000; González 2003; Molerio 2004, 2007, 2013; Andriani et al. 2005; Basso et al. 2012; Egoda 2012).

La provincia de Pinar del Río se corresponde con el Distrito Geográfico Insular más occidental de Cuba y de Las Antillas, reuniendo en sí características particulares de los paisajes que se explican a través de la historia geológica de la región. La presente investigación se circunscribe a la península de Guanahacabibes, limitada por las coordenadas geográficas 21° 45' y 22° 03' de latitud norte y los 84° 57' y 84° 13' de longitud oeste (Figura 1). Destaca como una llanura cárscica de aproximadamente 1 175 km² de superficie, apreciándose en ella varios tipos característicos de relieve y paisajes, tanto emergidos como sumergidos, a los cuales se vincula un universo biótico muy singular, complejo y altamente vulnerable, donde se ha desarrollado, de forma armónica, la relación hombre-sociedad-naturaleza a lo largo de más de 5 000 años.

Este artículo tiene como objetivo evaluar los principales rasgos geológicos y geomorfológicos de la península de Guanahacabibes. Los resultados que se ofrecen profundizan en el conocimiento sobre el medio físico en el territorio de la reserva de la biosfera homónima, ofreciendo una herramienta de rigor para el manejo más eficiente de la geo y la biodiversidad del área.

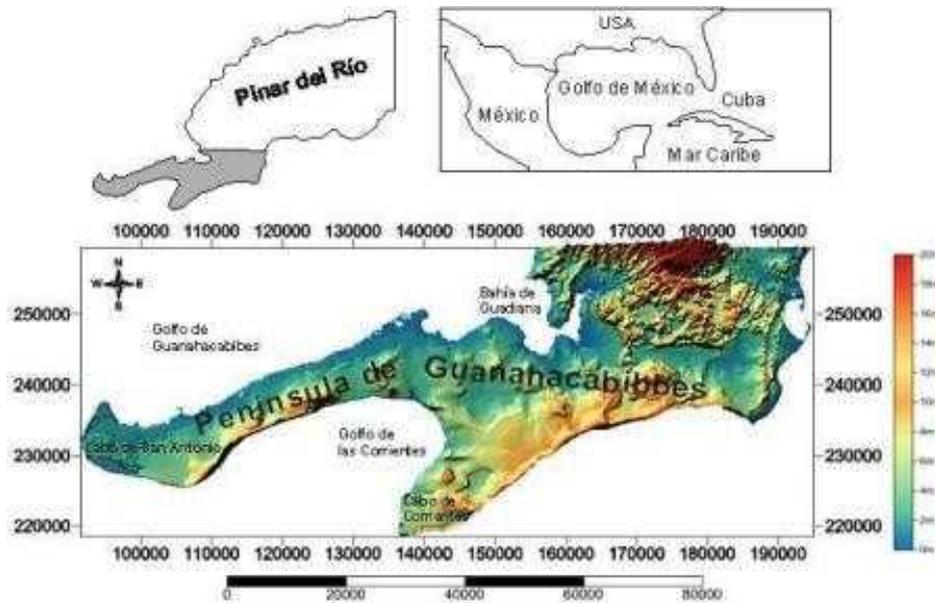


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio península de Guanahacabibes.

2. METODOLOGÍA

La evaluación de los principales rasgos geológicos y geomorfológicos de la península de Guanahacabibes requirió actualizar la información geológica disponible. Posteriormente, se elaboró el mapa de morfoalineamientos y el esquema geomorfológico de la península.

El primer criterio aplicado, el bibliográfico, comprendió la recopilación de las cartografías geológicas y geomorfológicas existentes sobre la península. De esta forma, a partir de la información litológica, geocronológica, tectónica y carsológica descrita en el léxico estratigráfico (Franco et al. 1992), el mapa geológico a escala 1:100 000 (García et al. 2003) y los resultados aportados por otros investigadores (Bermúdez 1939 -citado por Hernández 2008-; Núñez, Panos y Stelcl 1968; Iturralde 1971; Denis y Díaz 1993; Cabrera y Peñalver 2001; Molerio 2004; Pérez et al. 2004; Díaz, Denis & Ramírez 2011; Cabrera et al. 2012), se procuró un criterio general sobre las características geológicas y geomorfológicos del área.

El segundo criterio se basó en el análisis morfométrico del modelo de elevación digital (MDE) de la península, con un tamaño de píxel de 15 m. Para ello se determinaron aquellas estructuras lineales que representan escalones topográficos relevantes, alineaciones morfológicas con relativas evidencias de movimiento y/o deformación estructural. La detección de estas estructuras se hizo mediante sombreados analíticos del relieve y analizando las derivadas primeras (identificando continuidad de

pendientes) y segundas (perfilando mínimos alineados) del modelo de elevación digital.

El tercer criterio, la fotointerpretación, evaluó el vuelo fotogramétrico cubano de 1991-1992 y las imágenes de satélite LandSat ETM+, empleando filtros direccionales y de borde con el propósito de resaltar lineaciones. Además, mediante la aplicación de razones de bandas y compósitos de colores, se establecieron zonas que anteriormente clasificaban como homogéneas, siendo ahora diferenciadas por sus características litológicas y la vegetación, las que resultaban poco evidentes sobre el modelo de elevación digital.

En el último criterio aplicado, el análisis y comprobación en el terreno, se utilizó la base cartográfica a escala 1:25 000 (ICGC 1985), realizando 22 itinerarios, con un total de 456 puntos documentados en varias campañas, desde el año 1993 hasta el 2012. Posteriormente, se estableció la correspondencia entre los datos obtenidos por los métodos anteriormente descritos y lo observado sobre el terreno, identificando los principales alineamientos tectónicos, geformas cársicas vinculadas con las morfoestructuras, procesos carsológicos secundarios, procesos acumulativos, perfiles típicos costeros, medición de elementos estructurales, descripciones litológicas y formas del relieve.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La descripción de los principales rasgos geológicos y geomorfológicos de la península de Guanahacabibes se fundamentó en dos resultados principales. El primero, vinculado a la actualización del mapa geológicos a escala 1: 100 000 (Denis y Díaz 1993; García et al. 2003), y el segundo, en la evaluación geomorfológica, la primera de su tipo para el extremo más occidental de Cuba.

3.1. Rasgos geológicos

Se ha podido determinar que la península de Guanahacabibes está constituida principalmente por rocas carbonatadas organógenas esencialmente arrecifales, gravas, arenas y arcillas del Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior (Figura 2).

Tectónicamente forma parte del bloque Batabanó, dentro del macrobloque occidental del megabloque cubano elevado (Cabrera et al. 2012), estando su territorio dividido en tres grandes bloques: Franja de pie de monte al sur de las elevaciones de la zona Guaniguanico; depresión alargada de este a oeste cubierta por depósitos cuaternarios muy jóvenes del istmo de la Fe-Cortés; llanura cársica de

Guanahacabibes, la cual se encuentra afectada por la acción directa de procesos cárscicos superficiales y subterráneos.

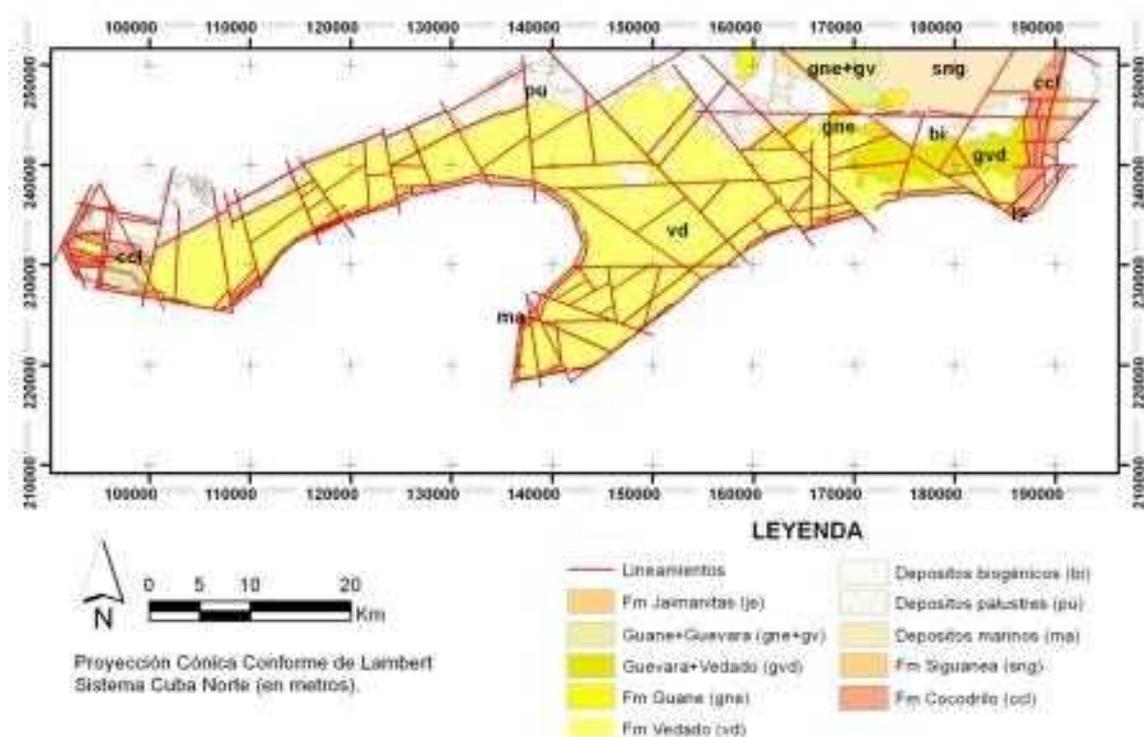


Figura 2. Mapa geológico actualizado de la península de Guanahacabibes. Escala original 1: 50 000.

Los movimientos neotectónicos, en forma de basculamientos, han provocado, en general, la subsidencia de la costa norte, cubierta por ciénagas y pantanos que se orienta sobre una ancha plataforma submarina de poca profundidad, y el ascenso de la costa sur con acantilados, seborucos costeros y playas arenosas (Figuras 2, 3, 4).

Las rocas carbonatadas de ambiente arrecifal de la formación Vedado constituyen el núcleo principal de la superficie emergida de la península y las de mayor distribución espacial. La formación Guane, terrígena de origen aluvial continental, aflora hacia el este de la región. La edad de ambas formaciones se estima entre el Plioceno (parte alta) hasta el Pleistoceno Inferior (Peñalver et al. 2009).

La formación Jaimanitas, de edad Pleistoceno Medio a Superior, representada por calizas arrecifales biodetríticas y coralinas, yace sobre la formación Vedado, ocupando la primera terraza marina emergida.

Con edad Pleistoceno Medio, extendiéndose posiblemente al Pleistoceno Superior, se ubica la formación Cocodrilo, compuesta por biocalcarentitas oolíticas.

En la parte superior del corte yacen los depósitos holocénicos de diversa génesis:

- Marinos (de playa), consistentes en arenas calcáreas biodetríticas.
- Biogénicos de manglar y de pantanos (palustres)
- Sedimentos eluviales producto de los procesos de intemperismo a que están sometidas las rocas calcáreas afloradas.
- Distintas formas secundarias del carbonato de calcio como la travertina, estalactitas, estalagmitas y otras.



Figura 3. Punta Caimán: pueden observarse dos niveles de terrazas marinas (1. desarrollada sobre rocas de la formación Vedado; 2. desarrollada sobre rocas de la formación Jaimanitas).

Con el hundimiento del bloque Guanahacabibes en el Oligoceno, mediante un sistema de fallas con dirección noroeste–sureste, que actualmente puede apreciarse por indicios geomorfológicos como cambios bruscos en el relieve, la configuración de las costas y la presencia de ciénagas y lagunas, comienza la sedimentación de las secuencias de cobertura neoplatafórmica en el territorio, que hasta ese momento formó parte de la zona estructuro-facial Guaniguanico y se encontraba emergido desde el Eoceno Inferior (Figura 3).

Durante el Mioceno Inferior y Medio, en el área existió una cuenca marina de aguas poco profundas a medias, donde ocurrió la sedimentación de la formación Paso Real, una formación carbonatada con abundante macrofauna de aguas someras y notable aporte terrígeno de las áreas emergidas. En este intervalo, en el orden tectónico, existe tranquilidad y

solamente ocurre una subsidencia progresiva, lo que justifica los grandes espesores de esta formación. En el Mioceno Superior y la parte basal del Plioceno debió ocurrir un levantamiento general del área y un receso en la sedimentación, con un posterior hundimiento.



Figura 4. Ciénaga costera en Carabelita. Típico paisaje de la costa acumulativa norte de la península de Guanahacabibes. Puede observarse su carácter turbo-cenagoso.

Del Plioceno hasta el Pleistoceno Inferior tuvo lugar una diferenciación de ambientes sedimentarios. En el sector sur y occidental prevalecieron características arrecifales, donde se depositó la formación Vedado. Mientras, hacia el noreste, predominaron rasgos continentales en un ambiente de pie de monte y llanuras onduladas, con grandes aportes aluviales ocasionales desde el territorio emergido de la zona estructurofacial Guaniguanico, donde se originó la formación Guane (Dzulynski, Pszczolkowski & Rudniki 1984). A finales de este intervalo ocurren movimientos neotectónicos que provocan el ascenso del núcleo principal actual de la península y su fraccionamiento en núcleos más pequeños, entre los cuales, posteriormente, se formaron canales o pasas. Sobre los sectores emergidos de la formación Vedado comenzaron a actuar los procesos denudativos, en particular, los cárscicos.

En el Pleistoceno Superior, sobre la parte sumergida de la formación Vedado, principalmente en el litoral occidental y sur de la península de Guanahacabibes, comienza la formación de barras paralitorales como resultado del acarreo y deposición por las corrientes marinas del material derivado de la abrasión del territorio emergido (formación Cocodrilo). Este ciclo se repite con la emersión de cada una de las barras, que describen una especie de movimiento en abanico, de una dirección

oeste-este inicial a una dirección suroeste-noreste (Blanco, Díaz & Portela 1985).

Al mismo tiempo, y fundamentalmente en la costa sur, se desarrollan paralelamente a la costa, barreras arrecifales, mayormente coralinas, dando lugar a las calizas y calcarenitas de la formación Jaimanitas (Denis y Díaz 1993; Peñalver et al. 2009, 2011).

Durante el inicio del Holoceno hasta nuestros días han ocurrido los procesos formadores de los depósitos más recientes del área: de playa, de manglares, palustres y suelos, alcanzando su mayor auge los procesos cársicos, ya iniciados en el Pleistoceno temprano, y continúan los movimientos neotectónicos, que presentan múltiples manifestaciones, como la presencia de nichos fósiles de marea, acantilados, terrazas marinas y playas. Estas últimas, indican en general la sumersión de la costa norte y el ascenso del litoral sur.

3.2. Rasgos geomorfológicos

Como resultado del análisis de la información bibliográfica existente, del procesamiento de imágenes y de los datos obtenidos durante los trabajos de campo, se estableció que la península de Guanahacabibes es geomorfológicamente una llanura cársica, donde se aprecian varios tipos característicos de relieve, tanto emergidos como sumergidos (Figura 5).

Como tipos de relieve emergidos se pueden citar:

- Llanura marina abrasivo-acumulativa, prácticamente no diseccionada, de edad Pleistoceno Medio-Holoceno, desarrollada a lo largo de toda la península, ocupando gran parte de su faja central y sur. Está conformada por dos niveles principales de terrazas marinas:
 - Terrazas marinas abrasivo-denudativas de edad Pleistoceno Medio, donde afloran las rocas de la formación Vedado, y conforman un escalón geomorfológico paralelo al litoral sur (Figuras 3, 5 y 6).
 - Terrazas marinas abrasivo-acumulativas de edad Holoceno, donde afloran las rocas de la formación Jaimanitas (Figuras 3, 5 y 6).
- Llanura aluvial marina abrasivo-acumulativa ligeramente diseccionada, de edad Pleistoceno Medio, donde afloran los depósitos aluvial marinos de la formación Guane, ocupa el centro-este de la región (Figura 5).

- Llanura acumulativa, plana, muy pantanosa, de edad Holoceno, a la que corresponden los depósitos biogénicos palustres y de manglar (Figuras 4 y 5).

Entre los tipos de relieve sumergido están:

- Llanura acumulativa, que forman los fondos de la costa norte.
- Llanura abrasivo-acumulativa de la costa sur y oeste.

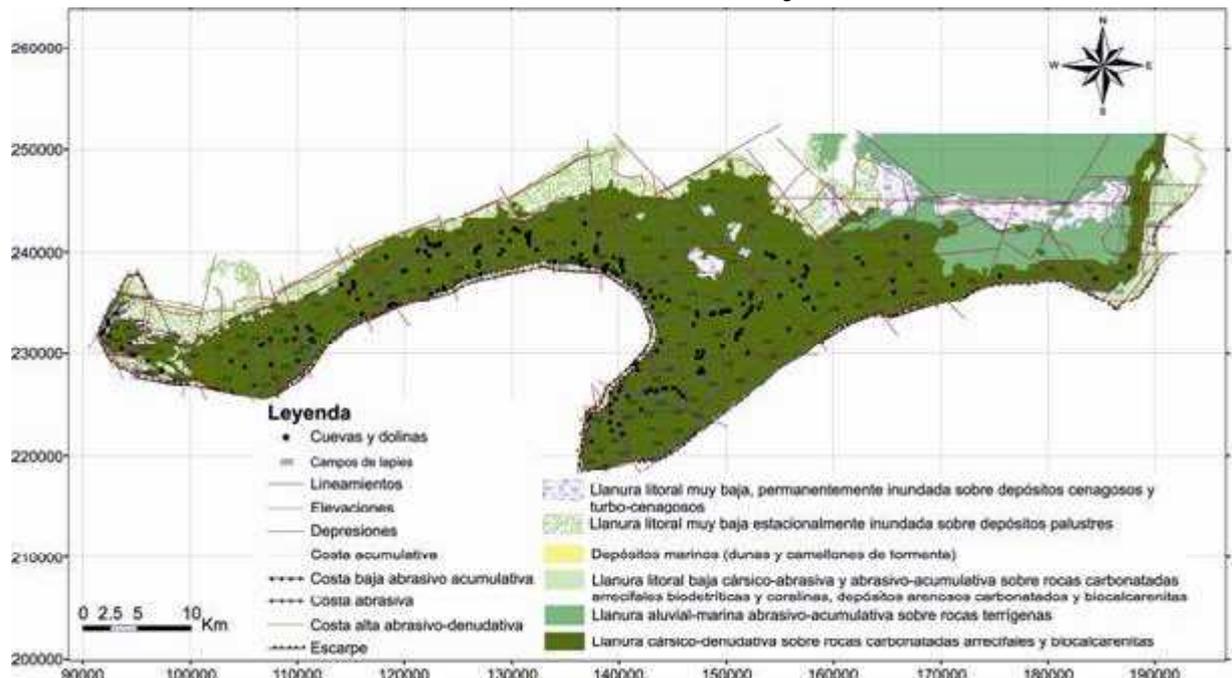


Figura 5. Mapa geomorfológico de la península de Guanahacabibes. Escala original 1: 50 000.

Dentro de las formas del relieve más importantes se encuentran:

- Formas marinas:
 - Barras paralitorales emergidas (Figura 7).
 - Crestas y camellones de tormenta (Figura 7).
- Las costas, entre las que se diferencian: Costa baja abrasivo-acumulativa, costa alta abrasivo-denudativa (Figuras 1 y 3), costa baja acumulativa de manglar, ciénagas y esteros (Figura 4).

La armoniosa conjunción de factores genéticos pasivos y activos, tales como el predominio de las calizas organógenas susceptibles a la disolución por las aguas, la porosidad y el intenso agrietamiento de estas rocas, así como las altas temperaturas, las precipitaciones abundantes, el enriquecimiento de las aguas con ácidos orgánicos débiles (lo que las convierte en aguas altamente agresivas) y la abrasión eólica, marina y de las aguas subterráneas, originan la rica gama de procesos cársicos

presentes en la península, manifestados en dos grandes grupos de formas:

- Superficiales (lapiez, casimbas y otras depresiones, Figuras 9 y 11).
- Subterráneas (cuevas y solapas, Figura 8).

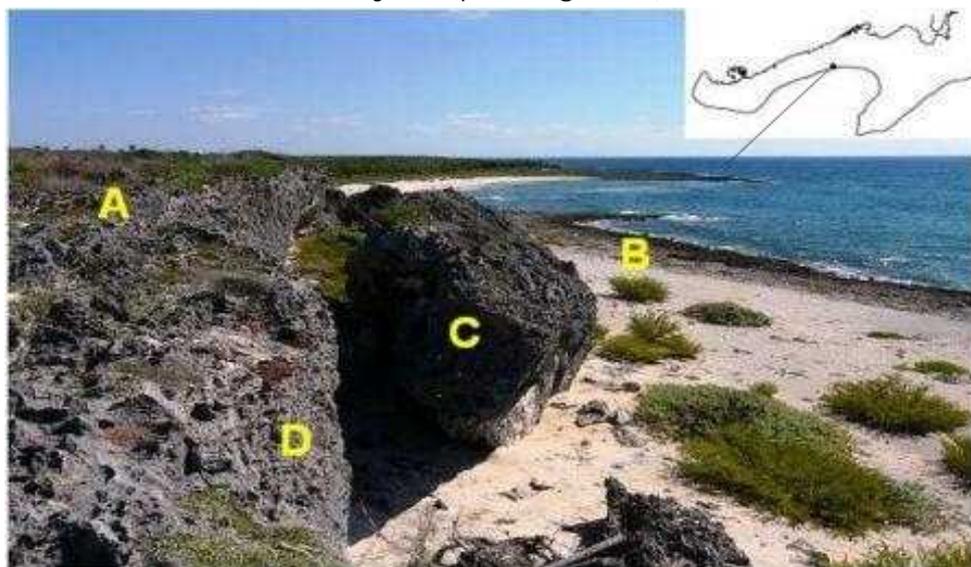


Figura 6. Caleta del Resguardo, pueden apreciarse varios tipos del relieve emergido característicos de esta área: (A) costa alta abrasivo-denudativa; (B) costa baja abrasivo-acumulativa; (C) bloque desprendido por procesos graviclásticos; (D). farallón costero.

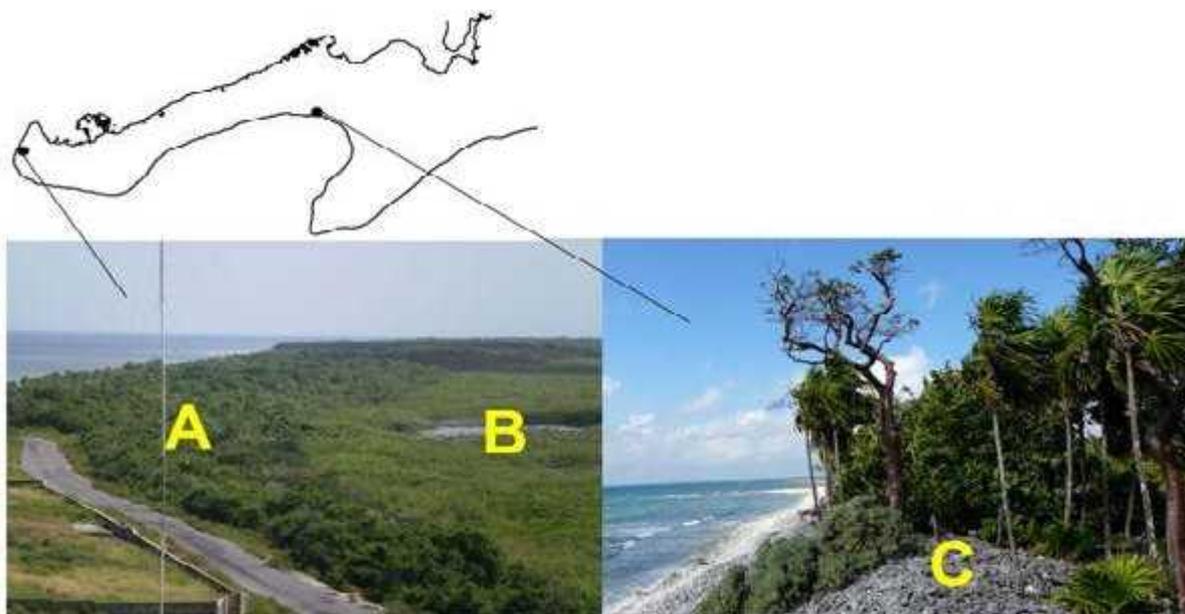


Figura 7. (A) Barra paralitoral emergida y (B) laguna interior en el Cabo de San Antonio; (C) camellones de tormenta en playa Las Caimaneras, península de Guanahacabibes.



Figura 8. Izquierda: Ojo del Mangle. Lapiez y casimba con agua salobre. Derecha: Cueva Las Perlas. Sistema cavernario de origen freático donde se observan varias fases evolutivas.

Desde el punto de vista morfológico, se diferencian tres tipos de carso:

1. De llanura cársica, con dos subtipos:

- Llanura con carso desnudo, desarrollada en la mayor parte de la península (Figura 10).
- Llanura cársica fosilizada o enmascarada, localizada en la llanura abrasivo-acumulativa, aluvial marina.

2. Carso sumergido, dividido en dos subtipos:

- Carso sumergido en pantanos.
- Carso sumergido en el mar, que forma las llanuras submarinas abrasivo-acumulativas, cañones cársicos submarinos, taludes, rampas y cavernas submarinas.

3. Carso litoral o costero (playas de seboruco, nichos fósiles de marea, cuevas emisivas, Figura 9).

En la llanura cársica de Guanahacabibes predominan amplios campos de lapiez (karren) desnudo o parcialmente cubierto, asociados con casimbas pequeñas colmatadas, casi siempre de suelo rojo, unido a la ausencia de drenaje superficial (Figura 10).

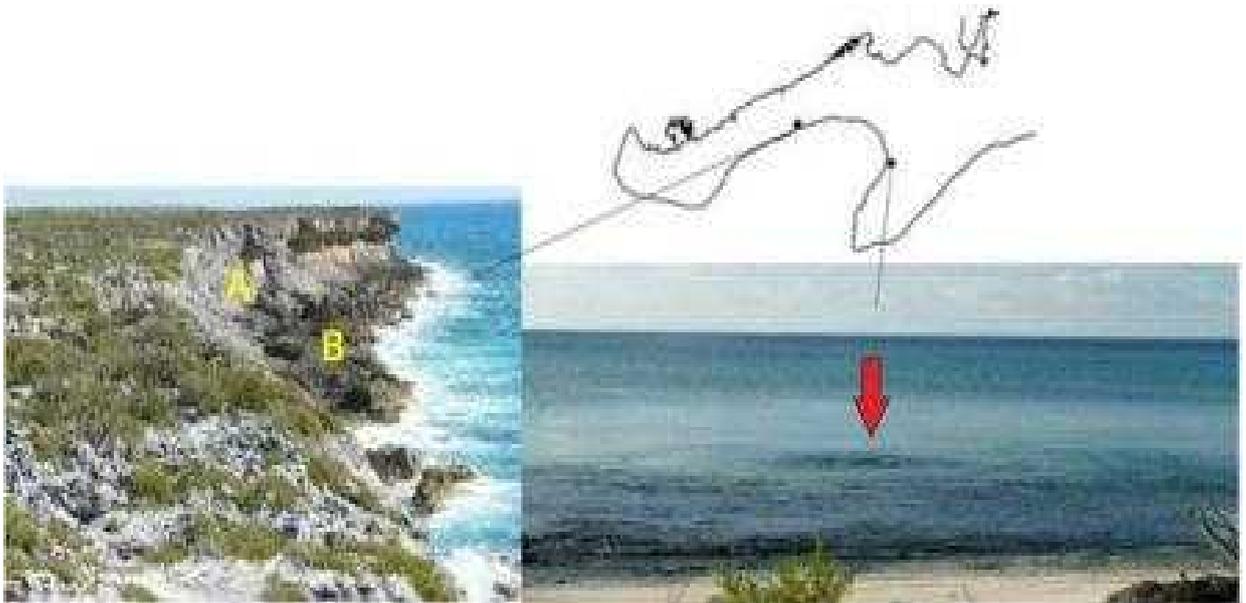


Figura 9. Izquierda: Farallón de los Ingleses. (A) Nicho fósil de marea y (B) playa de seboruco. Derecha: Playa Gutiérrez. Cueva emisiva o surgencia (flecha roja).

A lo largo del escalón geomorfológico, que por la costa sur delimita la primera terraza emergida de la península, se observan varias solapas que constituyen nichos fósiles de marea y fueron originados por procesos de abrasión-disolución marina, con el oleaje como principal agente erosivo (Figuras 3, 6 y 9). Actualmente continúan generándose geformas similares en aquellos sectores de la costa sur de la península, especialmente en áreas donde no ha emergido la segunda terraza marina.



Figura 10. Punta del Holandés. Izquierda: Campo de lapiez desnudo desarrollado sobre la superficie de la llanura marina abrasivo-acumulativa. Derecha: Detalle de casimba o poza de corrosión dentro del lapiez.

La mayoría de las cuevas, dolinas y solapas se desarrollan en rocas de la formación Vedado. La porosidad de estas calizas arrecifales (alrededor del 35 %) y las grietas que las afectan constituyen las vías por las que circula el agua freática y origina los fenómenos cársicos subterráneos, mientras que los extensos campos de lapiez desnudo o parcialmente cubierto se originan en la denominada zona de aireación y en su formación influyen notablemente las condiciones climáticas propias de la península.

Genéticamente las cuevas presentan un control tectónico y lito-estratigráfico y muchas se asocian a dolinas, que en su mayoría son de origen freático, aunque también las hay de origen marino, freato-marino, con gran influencia de procesos vadosos y desarrollo muy amplio de procesos cársico-sufusivos y graviclásticos.

En la mayor parte de la península abundan las dolinas de disolución o desplome (Figura 11). En su inmensa mayoría, tienen forma de cubeta con sedimentos terrígenos en su fondo, resultantes de la disolución de la caliza. Algunas dolinas se encuentran actualmente convertidas en lagunas cársicas, tales como la del valle San Juan, de Los Negros, del Medio, de La Palma y Pozo Azul, constituyendo importantes afloramientos del nivel freático (Figura 11).



Figura 11. Izquierda: Cueva Las Perlas: Dolina de disolución y desplome con cono de derrumbe en su fondo. Derecha: Pozo Azul. Dolina de disolución y desplome donde aflora el manto freático.

4. CONCLUSIONES

La península de Guanahacabibes constituye un ejemplo de llanura cársica joven, desarrollada sobre rocas carbonatadas pliocénicas y cuaternarias. El rasgo morfológico principal que caracteriza a esta llanura cársica es el

predominio de amplios campos de lapiez desnudo o parcialmente cubierto, sin drenaje superficial, asociados con casimbas pequeñas colmatadas, casi siempre, de suelo rojo, cavernas de origen freático y dolinas de disolución y desplome en general, con un amplio control litológico y tectónico.

El predominio de rocas carbonatadas altamente carsificadas tiene importantes connotaciones conservacionistas relacionadas con el mantenimiento y el uso público del patrimonio paisajístico y natural, en especial en sus variantes económicas y turísticas dentro de la reserva de la biosfera península de Guanahacabibes, pues las perspectivas son de un incremento sostenido de la explotación de los mismos.

5. REFERENCIAS

- ANDRIANI, G. F.; WALSH, N. & PAGLIARULO, R. 2005: The influence of the geological setting on the morphogenetic evolution of the Tremiti Archipelago (Apulia, Southeastern Italy). *Natural Hazards and Earth System Sciences* 5: 29–41. SRef-ID: 1684-9981/nhess/2005-5-29. European Geosciences Union.
- BASSO, A.; BRUNO, E.; PARISE, M. & PEPE, M. 2012: Morphometric analysis of sinkholes in a karst coastal area. *Geophysical Research Abstracts* 14, EGU2012-4066. EGU General Assembly. Viena, Austria.
- BLANCO, P.; DÍAZ, J. L. & PORTELA, A. 1985: Morfoestructuras locales de la península de Guanahacabibes. Reporte de Investigación del Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, Cuba.
- CABRERA, M. & PEÑALVER, L. 2001: Contribución a la estratigrafía de los depósitos cuaternarios de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología, La Habana, Cuba, 13 p.
- CABRERA, M.; ORBERA, L.; NÚÑEZ, A.; PANTALEÓN, G.; TRIFF, J. & PÉREZ, C. M. 2012: Neotectónica y ascenso del nivel medio del mar en Cuba. Instituto de Geología y Paleontología. Editorial PubliSime, La Habana, Cuba, 41 p. ISBN 978-959-7117-32-2.
- DENIS, R. & DÍAZ, C. 1993: Características geológicas y geomorfológicas de la península de Guanahacabibes. Informe presentado a la Comisión Provincial de Turismo de Naturaleza. Departamento de Desarrollo Turístico. Instituto de Planificación Física. Dirección Provincial Pinar del Río.
- DÍAZ, C.; DENIS, R. & RAMÍREZ, R. 2011: Contribución al conocimiento de la Geología y la Geomorfología de la península de Guanahacabibes. En: IV

Congreso de Geología y Minería. Memorias. La Habana, Cuba, 19–23 marzo, 94–103. ISBN 959-7117-10-X.

- DZULYNSKI, S.; PSZCZOLKOWSKI, A. & RUDNIKI, J. 1984: Observaciones sobre la génesis de algunos sedimentos terrígenos cuaternarios del Occidente de Cuba. *Ciencias de la Tierra y del Espacio* 9. Editorial Academia, La Habana, 75-90.
- EGODA, H. 2012: Estudio multidisciplinario de la intrusión marina en el acuífero costero de la península de Guanahacabibes. Pinar del Río. Cuba. Tesis de diploma. Universidad de Pinar del Río, Cuba, 138 p.
- FRANCO, G. L.; GONZÁLEZ, R. A.; RECIO, A. M.; FURRAZOLA-BERMEDEZ, G.; DELGADO, R. & TRIFF, J. 1992: *Léxico Estratigráfico de Cuba*. Primera versión. Instituto de Geología y Paleontología. Ministerio de Industria Básica, La Habana Cuba, 171 p.
- HERNÁNDEZ, P. 2008: Propuesta de instrumentos para un modelo de gestión ambiental sostenible de los sistemas cársicos del municipio Sandino. Tesis de maestría. CEMARNA. Universidad de Pinar del Río.
- HERNÁNDEZ, R.; GONZÁLEZ, P.; GONZÁLEZ, A. & ROMERO, E. 2000. Procesos de salinización en el acuífero costero de Cuenca Guane. *Minería y Geología* XVII(1): 75-79. ISSN 0258 5979.
- GARCÍA, D.; GIL, S.; DELGADO, R.; MILLÁN, G.; PEÑALVER, L.; CABRERA, M.; DENIS, R.; CHANG, J. L.; FUENTES, M.; DÍAZ, C.; SUÁREZ, V.; LLANES, A. I.; PÉREZ, R.; TORRES, M.; PÉREZ, C.; DÍAZ, L. 2003: Mapa geológico de la provincia de Pinar del Río a escala 1: 100 000 en base digital. Instituto de Geología y Paleontología. Ministerio de Industria Básica.
- GONZÁLEZ, P. 2003: Contribución al conocimiento hidrogeoquímico de acuíferos cársicos costeros con intrusión marina. Sector Güira-Quivicán, Cuenca Sur de La Habana. Tesis doctoral. Centro Nacional de Investigaciones Científicas.
- NÚÑEZ, A.; PANOS, V. & STELCL, O. 1968: *Carsos de Cuba*. Serie Espeleológica y Carsológica No. 2. Departamento de Geología. Instituto de Geografía. Academia de Ciencias de Cuba. Departamento de Ediciones de la Academia de Ciencias e Cuba. La Habana, 47 p.
- MOLERIO, L. 2004: Nichos de marea de Cuba y fluctuaciones del nivel del mar cuaternario. *MAPPING INTERACTIVO*. Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. Especial-abril. Madrid, España. Disponible en: <http://www.mappinginteractivo.com>

- MOLERIO, L. 2007: Radon 222 and Tritium in the prevention of sea water intrusion and oil pollution in a coastal karst aquifer. In: International Symposium on Advances in Isotope Hydrology and its role in sustainable Water Resources Management, Vienna, Austria, 21-25 May. IAEA-CN-151/124.
- MOLERIO, L. 2013: Evidencias de carsificación y cavernamiento mixto epihipogénico en la cobertura neoautóctona de la franja de crudos pesados del norte de La Habana-Matanzas. Mapping Latino. Consulta: 2 sept. 2013. Disponible en: <http://mappinglatino.com/blog/2013/09/02/evidencias-de-carsificacion-y-cavernamiento-mixto-epihipogenetico/>
- PEÑALVER, L. L.; CABRERA, M.; TRUJILLO, H.; MORALES, H.; FUNDORA, M.; PÉREZ LAZO, J.; MOLERIO, L.; GUERRA, M. & PEDROSO, I. 2009: Evolución paleoclimática y paleogeográfica de Cuba durante el Cuaternario. En: III Congreso de Geología y Minería. Memorias. La Habana, Cuba, 16–20 marzo, 74–83. ISBN 959-7117-10-X.
- PEÑALVER, L. L.; CABRERA, M.; TRUJILLO, H.; MORALES, H.; FUNDORA, M.; PÉREZ LAZO, J.; MOLERIO, L.; GUERRA, M. & PEDROSO, I. 2011: Mapa de depósitos cuaternarios del archipiélago cubano a escala 1:250 000. En: IV Congreso de Geología y Minería. Memorias. La Habana, Cuba, 19–23 marzo, 94–103. ISBN 959-7117-10-X.

Carlos Díaz-Guanche carlosdg@geo.upr.edu.cu

Profesor Asistente. Máster en Ciencias. Investigador Agregado
Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Técnicas,
Universidad de Pinar del Río, Cuba

Roberto Denis-Valle deni@igp.minem.cu

Ingeniero Geólogo. Instituto de Geología y Paleontología, La Habana. Cuba

Robert Ramírez-Hernández robertrh@upr.edu.cu

Profesor Auxiliar. Máster en Ciencias
Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Técnicas,
Universidad de Pinar del Río, Cuba

Carlos Rafael Rosa-Saavedra

Máster en Ciencias. Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas.
Ministerio de la Construcción, Pinar del Río, Cuba

Elmidio Estévez-Cruz estevez@upr.edu.cu

Profesor Titular. Doctor en Ciencias
Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Técnicas,
Universidad de Pinar del Río, Cuba

Alexis Ordaz-Hernández alexisordaz@upr.edu.cu

Profesor Asistente. Doctor en Ciencias.
Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Técnicas,
Universidad de Pinar del Río, Cuba