



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

**MAPA GEOMORFOLÓGICO Y DE PROCESOS ACTIVOS
SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO**

DE LA REPÚBLICA DOMINICANA

ESCALA 1:100,000

ENRIQUILLO Y BEATA

(5969)

Santo Domingo, R.D., Enero 2007-Diciembre 2010

La presente Hoja y Memoria forma parte del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, Proyecto L, financiado, en consideración de donación, por la Unión Europea a través del programa SYSMIN II de soporte al sector geológico-minero (Programa CRIS 190-604, ex No 9 ACP DO 006/01). Ha sido realizada en el periodo 2007-2010 por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA con normas, dirección y supervisión del Servicio Geológico Nacional, habiendo participado los siguientes técnicos y especialistas:

CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

- Dr. Fernando Moreno (INYPSA)

CARTOGRAFÍA DE PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

- Dr. Fernando Moreno (INYPSA)

REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Dr. Fernando Moreno (INYPSA)

ELABORACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y ASESORÍA DURANTE LA ELABORACIÓN DE LOS TRABAJOS

- Dr. Ángel Martín-Serrano (IGME)

INFORME DE LAS FORMACIONES ARRECIFALES DEL NEÓGENO Y CUATERNARIO

- Dr. Juan Carlos Braga (Universidad de Granada)

TELEDETECCIÓN

- Ing. Juan Carlos Gumiel (IGME)

DIRECTOR DEL PROYECTO

- Ing. Eusebio Lopera (IGME)

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE LA UNIÓN EUROPEA

- Ing. Enrique Burkhalter. Director de la Unidad Técnica de Gestión (TYPESA) del Programa SYSMIN

EXPERTO A CORTO PLAZO PARA LA ASESORÍA EN LA SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE LA UNIÓN EUROPEA

- Dr. Andrés Pérez-Estaún (Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona, España)

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DEL Servicio Geológico Nacional

- Ing. Santiago Muñoz
- Ing. María Calzadilla
- Ing. Jesús Rodríguez

Se quiere agradecer muy expresamente al Dr. Andrés Pérez-Estaún la estrecha colaboración mantenida con los autores del presente trabajo; sus ideas y sugerencias sin duda han contribuido notablemente a mejorar la calidad del mismo.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Metodología	1
1.2. Situación geográfica	4
1.3. Marco geológico	6
1.4. Antecedentes	8
2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA	9
3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	12
3.1. Estudio morfoestructural	12
<u>3.1.1. Formas estructurales</u>	<u>13</u>
3.2. Estudio del modelado	14
<u>3.2.1. Formas gravitacionales</u>	<u>14</u>
<u>3.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial</u>	<u>15</u>
<u>3.2.3. Formas eólicas</u>	<u>17</u>
<u>3.2.4. Formas lacustres y endorreicas</u>	<u>18</u>
<u>3.2.5. Formas marinas-litorales</u>	<u>18</u>
<u>3.2.6. Formas originadas por meteorización química</u>	<u>20</u>
<u>3.2.7. Formas poligénicas</u>	<u>20</u>
4. FORMACIONES SUPERFICIALES	24
4.1. Formaciones gravitacionales	24
<u>4.1.1. Brechas y gravas. Flujos de derrubios (a). Holoceno</u>	<u>24</u>
<u>4.1.2. Grandes bloques de caliza. Deslizamientos (b). Holoceno</u>	<u>25</u>
<u>4.1.3. Limos y arcillas con cantos. Coluviones (c). Holoceno</u>	<u>26</u>
4.2. Formaciones fluviales y de escorrentía superficial	26
<u>4.2.1. Conglomerados y arenas. Abanico fluvio-deltaico (d). Pleistoceno</u>	<u>26</u>
<u>4.2.2. Conglomerados, gravas y arenas. Abanicos torrenciales antiguos (e). Pleistoceno</u>	<u>26</u>
<u>4.2.3. Conglomerados y arenas. Terrazas (f). Pleistoceno</u>	<u>27</u>
<u>4.2.4. Arenas, gravas y conglomerados. Conos de deyección activos (g). Holoceno</u>	<u>28</u>
<u>4.2.5. Conglomerados, gravas y arenas. Fondos de valle (h). Holoceno</u>	<u>28</u>
4.3. Formaciones eólicas	28
<u>4.3.1. Arenas. Manto eólico con dunas (i). Pleistoceno</u>	<u>28</u>
4.4. Formaciones lacustres y endorreicas	29
<u>4.4.1. Lutitas y arenas finas. Áreas pantanosas (j). Holoceno</u>	<u>29</u>
4.5. Formaciones marinas-litorales	29
<u>4.5.1. Calizas arrecifales. Construcciones biogénicas (k). Pleistoceno</u>	<u>29</u>
<u>4.5.2. Calizas oolíticas y bioclásticas. Paleoplaya (playa de bolsillo) (l). Pleistoceno</u>	<u>30</u>
<u>4.5.3. Arenas. Cordón litoral antiguo (m). Pleistoceno</u>	<u>30</u>
<u>4.5.4. Lutitas ricas en materia orgánica. Marisma alta o manglar abandonado (n). Lutitas con abundantes restos vegetales. Marisma baja o manglar (ñ). Holoceno</u>	<u>30</u>
<u>4.5.5. Arenas y cantos. Playas y cordones litorales actuales (o). Holoceno</u> ... 30	

4.5.6.	<u>Limos carbonatados con salinización superficial. Laguna costera colmatada (p) Holoceno.....</u>	31
4.5.7.	<u>Calizas organógenas y calizas detríticas. Arrecifes actuales (q). Holoceno</u>	31
4.6.	Formaciones originadas por meteorización química.....	31
4.6.1.	<u>Arcillas rojas. Argilizaciones y rubefacciones (r). Pleistoceno-Holoceno..</u>	31
4.6.2.	<u>Arcillas de descalcificación. Relleno de dolinas (s). Pleistoceno-Holoceno</u>	32
4.7.	Formaciones poligénicas.....	32
4.7.1.	<u>Brechas calcáreas cementadas con matriz rojiza (t). Pleistoceno-Holoceno</u>	32
4.7.2.	<u>Arcillas con cantos y bloques. Aluvial-coluval (u). Holoceno</u>	32
4.7.3.	<u>Gravas y arenas rojas. Glacis de cobertera (v). Holoceno</u>	33
5.	EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA.....	34
6.	PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO.....	37
6.1.	Actividad sísmica.....	37
6.1.1.	<u>Tsunamis.....</u>	39
6.2.	Tectónica activa	40
6.3.	Actividad asociada a movimientos de laderas	44
6.4.	Actividad asociada a procesos de erosión	45
6.5.	Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación	46
6.6.	Actividad asociada a litologías especiales	47
6.7.	Actividad antrópica.....	48
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	49

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Metodología

Debido al carácter incompleto y no sistemático del mapeo de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través de la Dirección General de Minería (DGM), se decidió a abordar, a partir de finales de la década pasada, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea, en concepto de donación. En este contexto, el consorcio integrado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) e Informes y Proyectos S.A. (INYPESA) ha sido el responsable de la ejecución del denominado Proyecto 1B, bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG, cuya asistencia técnica corresponde a TYPESA) y la supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN).

Este Proyecto comprende varias zonas que junto con las ya abordadas con motivo de los proyectos previos (C, ejecutado en el periodo 1997-2000; K y L, ejecutados en el periodo 2002-2004), completan la mayor parte del territorio dominicano. El Proyecto 1B incluye, entre otros trabajos, la elaboración de 24 Hojas Geomorfológicas y otras tantas de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico, a escala 1:100.000, correspondientes a los siguientes cuadrantes a dicha escala (Fig. 1):

Zona Norte:

- La Vega (6073)
- San Francisco de Macorís (6173)
- Sánchez (6273)
- Samaná (6373)
- Santiago (6074)
- Salcedo (6174)
- Nagua (6274)
- La Isabela (5975)
- Puerto Plata (6075)
- Sabaneta de Yásica (6175)

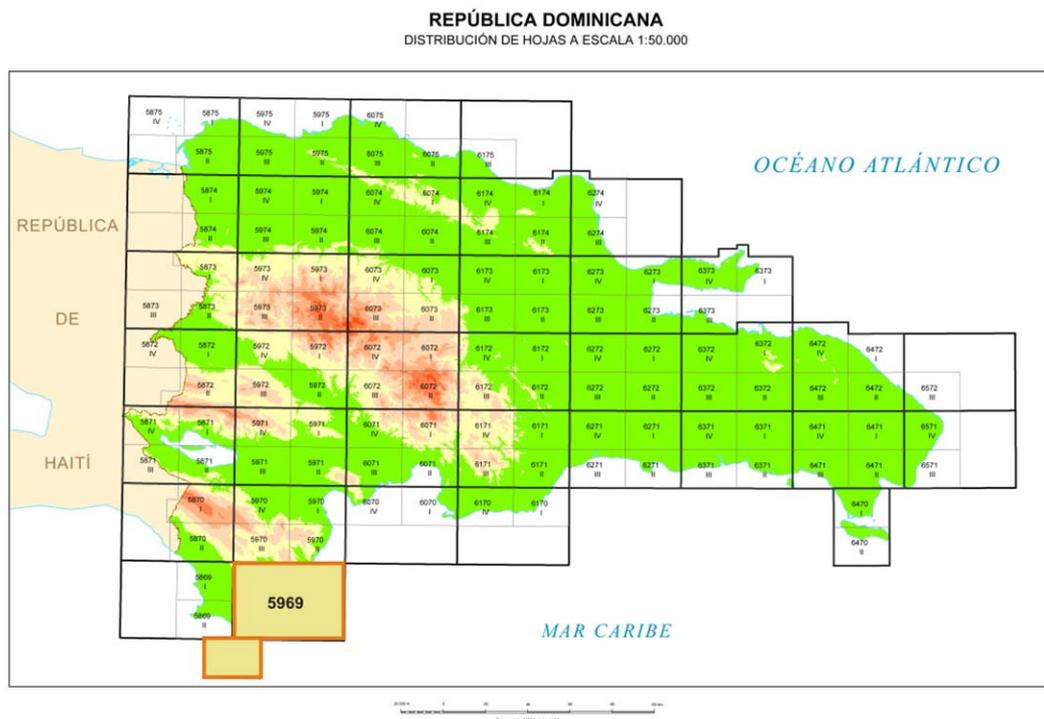


Fig.1 Distribución de Hojas a escala 1:100.000 de la República Dominicana y situación de la Hoja a escala 1:100.000 de Enriquillo y Beata (5969)

Zona Sureste:

- La Granchorra (6470)
- Santo Domingo (6271)
- San Pedro de Macorís (6371)
- La Romana (6471)
- Juanillo (6571)
- Las Lisas (6472)
- Bávaro (6572)

Zona Sur:

- Sabana Buey (6070)
- Baní (6071)

Zona Suroeste:

- Cabo Rojo (5869)
- Enriquillo y Beata (5969)
- Pedernales (5870)
- Barahona (5970)

Ya que cada Hoja forma parte de un contexto geológico más amplio, la ejecución de cada una de ellas se ha enriquecido mediante la información aportada por las de su entorno; por ello, a lo largo de la presente Memoria son numerosas las referencias a las hojas contiguas: Barahona (5970), Pedernales (5870) y Cabo Rojo (5869).

Durante la realización de la Hoja Geomorfológica a escala 1:100.000 de Enriquillo se ha utilizado la cartografía geológica a escala 1:50.000 elaborada durante el presente proyecto, además de la información disponible de diversa procedencia y las fotografías aéreas a escala 1:40.000 del Proyecto MARENA (1983-84) y las del Proyecto ICM, a escala 1:60.000 (1958), así como las imágenes de satélite Spot P, Landsat TM y SAR. La cartografía previa ha sido complementada con recorridos de campo, siendo uno de los principales objetivos de los mismos la toma de datos que pudieran ser de utilidad para la realización de la Hoja a escala 1:100.000 de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico, derivada en buena medida de la cartografía geomorfológica.

Los trabajos se efectuaron de acuerdo con la normativa del Programa Nacional de Cartas Geológicas a escala 1:50.000 y Temáticas a escala 1:100.000 de la República Dominicana, elaborada por el Instituto Tecnológico y Geominero de España y el Servicio Geológico Nacional de la República Dominicana. Esta normativa, inspirada en el Modelo del Mapa Geológico Nacional de España a escala 1:50.000, 2ª serie (MAGNA), fue adaptada durante el desarrollo de los Proyectos K y L a la Guía para la elaboración del Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50.000 (IGME, 2004) que incluye la correspondiente al Mapa de Procesos Activos, si bien en el presente trabajo se han adoptado ligeras modificaciones en función de la diferente escala de trabajo y de la cantidad de información existente.

La presente Memoria tiene carácter explicativo de los Mapas Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico de los cuadrantes de Enriquillo y Beata (5969). Tras la presente introducción, se abordarán los siguientes aspectos:

- Descripción geográfica, en la que se señalan los rasgos físicos más destacables, como los accidentes geográficos (sierras, ríos, llanuras...), los parámetros climáticos generales y los principales rasgos socioeconómicos.

- Análisis morfológico, en el que se trata el relieve desde un punto de vista puramente estático, entendiendo como tal la relación y explicación de las distintas formas de aquél, agrupadas en función del agente responsable de su origen (estructural, gravitacional, fluvial...), incidiendo en su geometría, tamaño y génesis.
- Estudio de las formaciones superficiales, es decir, de las formas acompañadas de depósito, haciendo hincapié en su litología, espesor y cronología, agrupadas igualmente en función de su agente responsable.
- Evolución e historia geomorfológica, contemplando el desarrollo del relieve en función del tiempo, tratando de explicar su génesis y evolución.
- Procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico, resultado de la potencial funcionalidad de diversos fenómenos geodinámicos, la mayoría testimoniados por diversas formas de la superficie terrestre.

Por otra parte, las memorias de las Hojas Geológicas a escala 1:50.000 citadas, incluyen la mayor parte de la información contenida en el presente texto, distribuida entre sus capítulos correspondientes a Introducción (Descripción fisiográfica), Estratigrafía (Formaciones superficiales) y Geomorfolología (Análisis morfológico, Evolución e historia geomorfológicas y Procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico).

1.2. Situación geográfica

La Hoja a escala 1:100.000 de Enriquillo (5969) se encuentra situada en el sector sur de la República Dominicana (Fig. 2), donde ocupa el área oriental de la península de Bahoruco e incluye parte de las provincias de Barahona (sector nororiental) y Pedernales (sector suroccidental).

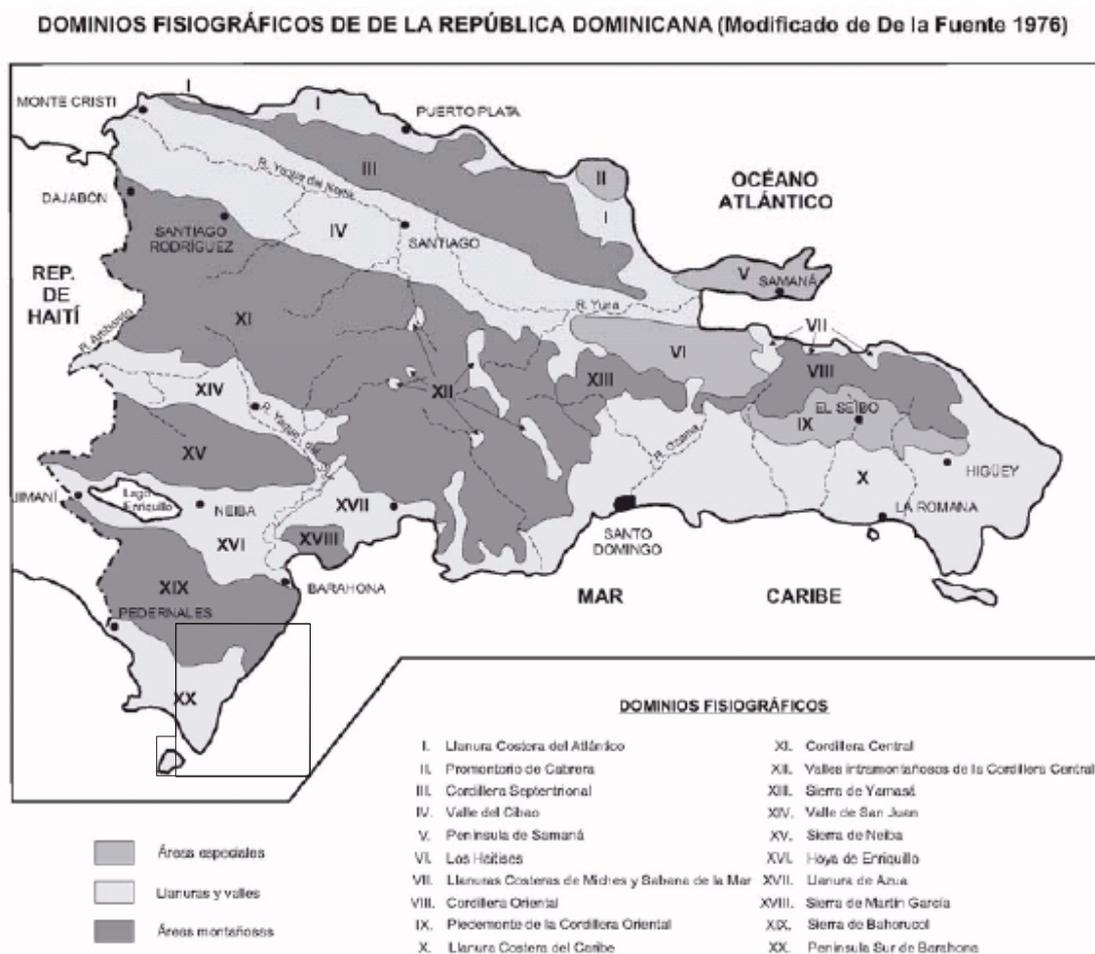


Fig. 2. Dominios fisiográficos de la República Dominicana y situación de a hoja de Enriquillo y Beata

Forma parte de dos de los principales dominios geográficos de La Española (De la Fuente, 1976):

- La sierra de Bahoruco. Es una de las cuatro principales alineaciones montañosas de la República Dominicana, apareciendo como una prominente sierra de orientación cercana a E-O, que se eleva al sur de la hoya de Enriquillo hasta alcanzar más de 2.000 m de altitud. Con cotas máximas inferiores a ésta, se prolonga por la mitad septentrional de la hoja, donde pierde altura de forma rápida a medida que se aproxima a la costa del Mar del Caribe.
- Extremo sur de la península de Bahoruco. Se caracteriza por la presencia de un relieve escalonado, de plataformas labradas por la erosión marina. La isla

Beata, separada de la península por el canal con el mismo nombre, es una de dichas plataformas, basculada o con suave pendiente hacia el canal.

La imagen del modelo digital del terreno permite apreciar la morfología escalonada de la vertiente meridional de la mencionada sierra, con diversas plataformas de abrasión marina que llegan a situarse a varios cientos de metros sobre n. m. a.

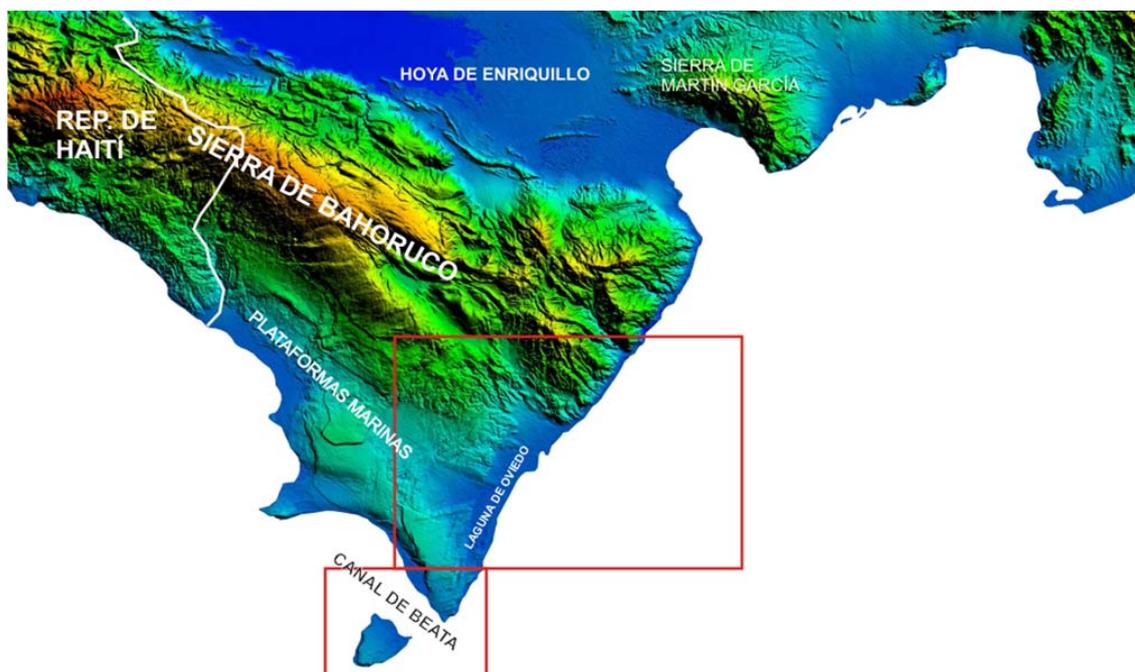


Fig. 3. Modelo digital del terreno, que muestra como la Sierra de Bahoruco constituye un anticlinorio conforme, e incidido por la red fluvial en su extremo oriental. En su vertiente meridional se observan diversas plataformas marinas.

1.3. Marco geológico

La Hoja de Enriquillo comprende parte de la vertiente meridional y del extremo oriental de la Sierra de Bahoruco, que hacia el sur enlaza con las extensas plataformas, glaciares y abanicos, algunos de los cuales alcanzan la actual línea de costa. El sustrato está constituido por una potente sucesión calizo-margosa, que abarca desde el Eoceno hasta el Plioceno y que comprende la Formación Neiba (calizas margosas con sílex) y diversas unidades definidas con la ejecución de la cartografía geológica a escala 1:50.000 (unidades: Polo, calizas de Bahoruco, Los Quemados, Nueva Rosa, etc.). A modo de dicha sucesión se ha definido la Formación Dumisseau –La Ciénaga, constituida por basaltos, tufitas y grauvacas, de edad cretácica, e identificada como la

facies de la llanura oceánica previa a su enterramiento por la sucesión paleógeno-neógena, en la que se alcanzó ambiente de plataforma y cuenca marina.

En las contiguas hojas de Pedernales y Barahona, la Sierra de Bahoruco se estructura como un amplio antiforme vergente hacia el NE, en el que cabe diferenciar dos unidades morfoestructurales: vertiente septentrional y vertiente meridional. La primera se caracteriza por la presencia de pliegues apretados, distribuidos en relevo entre fallas de desgarre NO-SE, y con inmersiones de sus ejes - o terminaciones – bruscas en relación con dichos accidentes. La vertiente meridional presenta pliegues más suaves o abiertos. El sector norte de la hoja de Enriquillo aparece ocupado por la vertiente septentrional de dicha sierra, mientras que la vertiente meridional se extiende hacia el sur por la mayor parte de la misma.

Pese a la vergencia dirigida la norte que caracteriza el conjunto de la Sierra de Bahoruco, hay que señalar que en su extremo oriental (sector costero de la misma), comprendido dentro de la presente hoja, parece producirse una doble vergencia, deducible de la presencia de fallas inversas (NO-SE) con vergencia al suroeste. Dichas fracturas junto con otras paralelas y de vergencia contraria, situadas en la hoja de Barahona, deben de haber tenido una actividad reciente, configurando límites bruscos entre la sierra y las llanuras costeras situadas a ambos lados de la misma: al norte la correspondiente a la bahía de Neiba, al sur el relieve escalonado de las superficies de erosión, diversos glacis y el amplio abanico fluvio-deltaico de Arroyo Dulce.

En el extremo próximo a la costa de la Sierra de Bahoruco alcanza expresión morfológica otra familia de fracturas, con dirección aproximadamente perpendicular a las anteriores y paralelas a la costa, cuyo trazado rectilíneo está relacionado con las mismas, o con lo que, de forma imprecisa, se viene llamando en la bibliografía: “falla de Beata”, para referirse al trazado rectilíneo de la costa oriental de la península de Bahoruco.

A pesar que la región parece haber estado sometida a una deformación prácticamente constante a lo largo del Cenozoico, fue durante el Mioceno Superior cuando se produjo el diseño fundamental de la estructura actual. Durante dicho periodo, el levantamiento de la cordillera Central y de las sierras de Bahoruco, Neiba y Martín García transformó la extensa cuenca paleógeno-miocena, que abarcaría al menos el actual sector suroccidental de La Española, en un área con tendencia continuada al levantamiento,

como atestiguan las numerosas plataformas o superficies de abrasión marina que se escalonan hasta la actual línea de costa.

En las culminaciones de los interfluvios del norte de la hoja se dan diversos restos de alteritas. Son argilizaciones y rubefacciones relacionadas con episodios de estabilidad o de regularización de sucesivos niveles de erosión, correlacionables con las plataformas de abrasión marina y en consecuencia con sucesivos estadios marinos.

En el extremo meridional de la hoja, así como en la contigua hacia el oeste (Cabo Rojo), las rasas o plataformas de abrasión marina, aparecen suavemente plegadas, con pliegues de la misma dirección que los relieves principales de la isla de La Española. Dos sinclinales con este origen han debido condicionar la ubicación actual del canal de Beata y de la laguna de Oviedo, respectivamente.

Entre los materiales pleistocenos con mayor extensión de afloramiento se encuentran los depósitos de origen eólico que cubre el extremo meridional de la península de Bahoruco y gran parte de la isla Beata.

Como materiales holocenos más representativos se encuentran numerosos conos de deyección, algunos de los cuales jalonan escarpes de falla degradados, y estrechos y sinuosos fondos de valle que atraviesan la mitad septentrional de la hoja. Como formaciones litorales destacan las marismas y manglares contiguos a la laguna de Oviedo, junto con las situadas en la costa occidental de la península. En ocasiones los arrecifes actuales contribuyen a la acreción litoral.

1.4. Antecedentes

No existen antecedentes o estudios anteriores específicos de la península de Bahoruco y por tanto de la hoja de Enriquillo, salvo algunos generales y de carácter geográfico. No obstante se enumeran a continuación aquellos que permiten situar y analizar la problemática relativa a la evolución geomorfológica de esta zona de estudio en el contexto general de la Isla de la Española.

Entre los trabajos pioneros destaca el reconocimiento geológico de la República Dominicana de Vaughan *et al.* (1921), punto de partida para numerosos estudios posteriores. La ingente cantidad de documentación aportada por Obiols y Perdomo (1966) con motivo de la elaboración de un atlas para la planificación del desarrollo

integral de la República Dominicana, supuso la creación de una cartografía temática completa, dentro de la cual, Guerra Peña realizó una división en provincias fisiográficas.

Sin duda, el trabajo de mayor interés desde un punto de vista geomorfológico es el libro titulado Geografía Dominicana (De la Fuente, 1976), que además de aportar una abundante cantidad de datos geográficos e ilustraciones y apunta numerosas consideraciones de orden geomorfológico; sus denominaciones han servido como referencia durante la realización del presente trabajo.

Por su particular interés en la zona de estudio es preciso destacar la tesis doctoral de Llinás (1972), en la que se aportan numerosos datos de tipo estratigráfico y estructural de la sierra de Bahoruco y del sector oriental de la cuenca de Enriquillo.

Entre los trabajos de la época más reciente, Lewis (1980) y Lewis y Draper (1990) dan el tratamiento de zona morfotectónica a la sierra de Bahoruco y a la cuenca de Enriquillo, incluyendo en ésta a la sierra de Martín García. Por el contrario, desde un punto de vista geodinámico, Mann *et al.* (1991) proponen la pertenencia de los tres dominios a un mismo terreno tectónico, el de Hotte-La Selle-Bahoruco, separado del resto de La Española por la zona de falla de Enriquillo-Plantain Garden.

Debido a la extraordinaria calidad de afloramiento de las construcciones arrecifales que circundan el lago Enriquillo, así como sus implicaciones paleogeográficas, son abundantes los trabajos que abordan diversas facetas relativas a ellas, como los de Mann *et al.* (1984) y Taylor *et al.* (1985).

En relación directa con la Hoja de Enriquillo hay que citar los trabajos realizados dentro del Proyecto SYSMIN: Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, en el que diversos autores, junto con la realización de la cartografía geológica a escala 1:50.000, aportan numerosos datos de tipo petrológico, estratigráfico y estructural, además de una cartografía geomorfológica y de riesgos a escala 1:100.000. que son el objeto de esta memoria.

2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La fisiografía de la hoja de Enriquillo presenta una relativa simplicidad, pudiendo definirse dos ámbitos diferentes, aunque con un paso gradual entre ambos. El primero

corresponde al tercio septentrional, caracterizado por un relieve accidentado, con profusión de interfluvios y cañadas, que alcanza la cota máxima de la hoja en el centro de su límite septentrional (1180 m). En este sector, exceptuando el valle correspondiente a la Sabana de los Candelones - que drena hacia el norte y por tanto hacia la Hoya de Enriquillo (hoja de Barahona) - la mayor parte de sus cañadas torrenciales drenan hacia el sureste en la mitad oriental de dicho sector, y al suroeste en la equivalente occidental.

Hacia el sur la envolvente del relieve desciende paulatinamente, hasta el paralelo correspondiente a la población de Arroyo Dulce, que coincide aproximadamente con límite 1/3 – 2/3 de la hoja. Al sur de dicho paralelo y hasta el extremo de la península (Cabo Beata), las cotas oscilan entre 100 y 200 m, con extensas plataformas en las que destacan algunos escalones (paleoacantilados) bien marcados, generados por abrasión marina, que en algunos casos parecen coincidir con fracturas.

Otra característica de este sector meridional es el predominio del modelado kárstico, que junto con el moderado relieve, condicionan la escasez de cursos fluviales y las frecuentes pérdidas de drenaje. El drenaje subterráneo se produce en sentido SE y se materializa en las surgencias existentes en la laguna de Oviedo.

La costa oriental de la península de Batoruco es rectilínea, debido al control tectónico de diversas fallas con la misma dirección (NE-SO). Es acantilada en su extremo septentrional, donde dichos acantilados – con alturas de unas pocas decenas de metros – aparecen labrados en la estrecha plataforma formada por abanicos y conos de deyección que jalonan el escarpado relieve montañoso correspondiente al encuentro del extremo de la Sierra de Batoruco con la línea costera. El límite suroccidental de dicha sierra es bastante neto en las inmediaciones de la costa, donde está controlado por fallas inversas con la misma dirección que la sierra (NO-SE). Dichas fracturas dan paso a una extensa llanura ocupada por el abanico fluviodeltaico de Arroyo Dulce. Al sur del mismo se extiende un amplio manglar y a continuación la laguna de Oviedo. Ambos aparecen separados del mar del Caribe por un umbral en el que aflora el sustrato cenozoico, en parte cubierto por dunas antiguas, un cordón arenoso y diversas bioconstrucciones arrecifales actuales.

El extremo meridional de esta línea costera vuelve a ser acantilado, aunque con bioconstrucciones arrecifales en su base, y grandes dunas que remontan los acantilados

y se prolongan hacia el interior, donde destacan claramente como elevaciones, con dirección ENE-OSO, de 10 a 20 m de altura sobre la llanura.

La costa occidental presenta un extenso manglar y diversos cordones arenosos con lagunas salinas entre ellos. Tras de los cuales el relieve asciende hasta alcanzar la máxima cota de este sector meridional de la hoja: 230 m, en Loma Plena Citrón.

La isla Beata es una plataforma con pendiente dirigida hacia el NE, cuya máxima cota (74 m) se localiza en su extremo suroccidental, donde la costa es acantilada, y pierde altura de forma paulatina hasta la costa nororiental.

Se aprecia cierto contraste climático entre los llanos del sur de la hoja y las elevaciones montañosas de su sector septentrional, con variaciones sustanciales con respecto al clima tropical típico. En las zonas bajas, las temperaturas medias anuales se sitúan entre 26 y 28°C, con máximas medias de 30-33°C y mínimas medias de 21-24°C; en cuanto a la precipitación en este mismo sector, es de tan solo 600 mm anuales. Hacia el norte de la hoja ambos parámetros climatológicos crecen de forma progresiva, de forma que en el ámbito montañoso del borde septentrional de la hoja la temperatura media es de 24°C y las precipitaciones llegan a alcanzar los 1.600 mm anuales. Son frecuentes las tormentas tropicales y los huracanes, especialmente concentrados entre septiembre y octubre. También se aprecian ligeras variaciones de carácter estacional, en las que las oscilaciones de las temperaturas diarias son más acusadas.

La vegetación varía notablemente según los dominios e incluso dentro de ellos. Así, en el ámbito de las sierras predominan los bosques, en contraste con la pobre vegetación del llano, que debido a la menor pluviosidad es de tipo espinoso.

La población se encuentra muy desigualmente repartida, con amplio predominio de las áreas deshabitadas, tanto en la zona septentrional como en los llanos, ya que todas las pequeñas poblaciones se encuentran en la costa oriental de la península, entre las que destacan Enriquillo, Arroyo Dulce y Oviedo. El interior de la hoja y el extremo meridional de península, junto con la isla Beata son parajes completamente despoblados y de gran exotismo.

Las actividades más extendidas son las agrícolas y ganaderas, junto con cierta actividad turística en la costa oriental.

Las vías de comunicación se reducen a la carretera Barahona-Pedernales, que discurre por la costa occidental, cruzando la península en dirección oeste a la altura del paralelo de Oviedo. Los caminos y pistas forestales son escasos y de tránsito dificultoso. El extremo más meridional de la península, situado al sur del paralelo de Oviedo, solo es accesible a través de veredas.

3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

En este capítulo se analiza el relieve mediante la descripción de las distintas formas del mismo, contemplando su geometría y tamaño o desarrollo, agrupadas según su origen (morfogénesis). Los depósitos que acompaña a algunas de estas formas (formaciones superficiales) se describen en el capítulo 4.

El análisis morfológico puede abordarse desde dos puntos de vista: morfoestructural, en el que se analiza el relieve como consecuencia del sustrato geológico, (litología y estructura); y morfogenético, considerando las formas resultantes de la actuación de los diversos agentes de la erosión.

3.1. Estudio morfoestructural

Dos dominios morfoestructurales ocupan la hoja de Enriquillo: vertiente septentrional de la Sierra de Bahuco y vertiente meridional de la misma. En el primero afloran las series calizo margosas con edades que abarcan desde el Cretácico superior al Plioceno, con pliegues apretados de dirección NO-SE, de corto recorrido y distribución en relevo, que aparecen relacionados con fallas direccionales (ONO-ESE), en torno a las cuales aquellos suelen finalizar con fuertes inmersiones de sus ejes. En el sector más elevado de dicho dominio (límite septentrional de la hoja) todavía se conservan relieves en anticlinales conformes. Este dominio finaliza en la línea de costa, hacia el cual desciende en forma de graderío debido a diversas fallas paralelas a la misma.

En el segundo dominio, que ocupa la mayor parte del área de trabajo, la sucesión carbonatada del Eoceno-Plioceno aparece con pliegues abiertos y buzamientos en ocasiones subhorizontales, que, en combinación con el desarrollo de diversas superficies de abrasión marina, dan lugar a extensas plataformas, parcialmente cubiertas por glaciares de cobertera. Estas formaciones superficiales presentan una suave pendiente dirigida hacia la costa oriental de la península de Bahuco, la cual mantiene su trazado rectilíneo controlado por fallas normales con dirección NNE-SSO,

como la que delimita la laguna de Oviedo. La isla Beata también forma parte de este dominio, puesto que presenta la misma litología y morfoestructura.

En este segundo dominio no es posible situar con precisión algunos ejes de los pliegues mencionados, dado su nula expresión morfológica y la escasez de los accesos necesarios para poder obtener un control detallado de la estructura. Sin embargo, en el Mapa de Procesos Activos se han situado, aunque de forma aproximada, tres ejes de grandes y suaves pliegues (un antiforme y dos sinformes) generados por plegamiento reciente de las superficies de abrasión marina. Estas estructuras se analizan en los capítulos dedicados a la Evolución Geomorfológico y a los Procesos Activos.

3.1.1. Formas estructurales

Son más patentes en el dominio septentrional, donde su accidentado relieve da lugar a la erosión diferencial que permite identificar dichas formas. Entre las debidas a plegamiento se han identificado en este sector algunos escarpes estructurales en capas monoclinales, inferiores a 25 m y resaltes en capas inclinadas. Aunque su número es mayor que el que figura en el mapa, ya que la escala de trabajo no permite la representación de la mayoría. En relación con los grandes y amplios pliegues ya mencionados, se han situado diversas flechas indicadoras de basculamiento en superficies de erosión. En el límite septentrional aparecen pliegues anticlinales conformes o *monts*.

Las fallas y fallas supuestas con expresión morfológica se agrupan en torno a las dos familias principales: una con dirección NO-SE a ONO-ESE, presente en todo el ámbito de la hoja, y otra familia de fallas transversales y aproximadamente perpendicular a la anterior (NNE-SSO). Esta última es responsable del rápido descenso del relieve de la sierra de Bahoruco hacia la costa, y del trazado rectilíneo de la misma. Dos de las fallas pertenecientes a la primera familia son fallas inversas, con vergencia al suroeste, que elevan el dominio septentrional en relación al meridional. Otras aparecen como valles fractura, como fallas con indicación de bloque hundido, como alineaciones morfológicas con control estructural, o bien como escarpes de falla degradados. Las facetas triangulares de escarpes de falla son más evidentes en la fotointerpretación que en los reconocimientos del terreno, ya que aparecen bastante degradadas por la erosión de las laderas, que ha destruido los planos o superficies de falla, en los que, por otra parte, habría sido de gran interés la observación de posibles indicadores de

movimiento. A ello se suma el importante desarrollo de la vegetación al pie de dichos escarpes.

Entre las fracturas de la segunda familia predominan las fallas con indicación de bloque hundido, los escarpes de falla y escarpes de falla degradados, y una falla en dirección, que parece afectar a las crestas dunares del extremo meridional de la península de Bahoruco. Las facetas triangulares de falla en esta segunda familia se restringen al ángulo nororiental de la hoja.

3.2. Estudio del modelado

En lo que sigue se describen las formas erosivas y de depósito, agrupadas según su origen o procesos morfogenéticos que las han generado. Las primeras predominan en el tercio septentrional de la hoja y las segundas en los dos tercios meridionales.

3.2.1. Formas gravitacionales

Pese a los importantes desniveles existentes en el ámbito septentrional de la hoja, estas formas presentan un desarrollo moderado, debido al rápido retroceso de las vertientes ligado a la elevada tasa de incisión fluvial.

Los coluviones aparecen restringidos en su mayor parte al sector costero de la sierra de Bahoruco, casi siempre relacionados con los conos de deyección recientes, o en pequeños recintos de laderas regularizadas en relación con los cauces actuales.

Los deslizamientos quedan limitados a la costa occidental de la hoja, donde se han identificado dos deslizamientos coherentes y sus respectivas cicatrices de movimientos en masa. Ambos se prolongan en la hoja contigua de Cabo Rojo, donde la cartografía geológica del mapa 1:50.000 de Punta Ceminche, permite relacionarlos con la posible prolongación de una falla identificada en Cabo Falso. Por otra parte, ambos deslizamientos se sitúan en el flanco meridional del antiformal que pliega la superficie de erosión de este sector, es decir, también han podido ser inducidos por el basculamiento hacia el suroeste de dicha superficie. Por otra parte la fotointerpretación revela la existencia de otros deslizamientos coherentes, al sureste de los anteriores, aunque prácticamente borrados por la erosión, lo que indica que han de ser más antiguos que los anteriores. Uno de ellos podría explicar la existencia de lo que puede

ser un gran bloque deslizado, un afloramiento del sustrato, aislado y rodeado por las marismas existentes al pie de la ladera.

En el límite septentrional de la hoja (Cañada Masaco), la cartografía 1:50.000 de la hoja de Arroyo Dulce, ha permitido la identificación de un importante flujo de derrubios, con actividad actual, puesto que ocupa el fondo de valle de dicho lugar.

3.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial

Quedan restringidas a la mitad septentrional de la hoja, dado que el resto de la misma, en su mayor parte aparece ocupado por las formas debidas a los modelados kárstico, eólico y litoral.

Entre las **formas erosivas**, la incisión fluvial es la más representativa, por el gran número de cañadas y torrentes que constituyen el accidentado relieve del área. Las que drenan y enlazan con los glacis y abanicos torrenciales del sector central de la hoja, suelen finalizar como pérdidas de drenaje, o presentar trazados sinuosos debidos a arroyada en regueros cambiantes. En las cabeceras de esta red de drenaje y cerca del límite septentrional del área de estudio se han identificado algunas cárcavas. Las aristas de interfluvios son más numerosas en la mitad oriental del sector norte, dado que hacia occidente y en el centro de la hoja, las culminaciones de los interfluvios presentan formas redondeadas, cuyas cotas permiten identificarlas como restos de sucesivos niveles o superficies de erosión, que se describen más adelante.

Las **formas de depósito** más representativas son los fondos de valle y los abanicos torrenciales. En el centro-norte de la hoja, los primeros muestran un trazado muy sinuoso, con dos cauces abandonados (cañadas de Guajaca y Colmena). La anchura con la que aparecen los fondos de valle en el mapa geomorfológico es, en ocasiones, superior a la real, dada la escala de trabajo que se utiliza. Por el mismo motivo algunos de los fondos de valle que figuran en los mapas geológicos (escala 1:50.000) no han sido representados en este mapa. En general, se trata de formas estrechas y alargadas que enlazan mediante ruptura de pendiente con las laderas montañosas, o bien coinciden con el canal de estiaje cuando estos depósitos penetran en las zonas llanas, como el abanico fluviodeltaico de Arroyo Dulce o el glacis que enlaza con la laguna de Oviedo. El extremo de los mismos suele coincidir con algunas de las pérdidas de drenaje ya mencionadas.

El abanico fluvio-deltaico de Arroyo Dulce presenta su ápice a la cota 100 m s.n.m., desde donde desciende, con una pendiente en torno al 1 %, hasta la línea costera y el manglar situado al norte de la laguna de Oviedo. Presenta espesores superiores a la decena de metros y un perfil transversal ligeramente plano-convexo, que hacia el noreste se prolonga con un fondo de valle (que coincide con el límite provincial Barahona-Pedernales) y con la base de los conos de deyección desarrollados al pie del relieve montañoso de la sierra de Bahoruco. En su lado occidental enlaza con un glacis degradado y con los depósitos arrecifales antiguos que orlan el manglar mencionado.

Los abanicos torrenciales presentan dos generaciones. Los más recientes y todavía funcionales, son de pequeña extensión y quedan restringidos al pie de algunas cañadas torrenciales de la sierra de Bahoruco. En ocasiones corresponden a la continuación de fondos de valle y su base llega a enlazar con otros fondos de valles principales, aproximadamente perpendiculares a los anteriores.

La generación de abanicos antiguos aparece elevada entre 15 y 20 m sobre los cauces fluviales y abanicos actuales, y se restringen a la estrecha plataforma o banda costera situada en la base del relieve costero de la sierra de Bahoruco, donde configuran un acantilado en rápido retroceso, que culmina con una cornisa pronunciada y debida al encostramiento o fuerte cementación carbonatada del techo de estos abanicos. Generalmente, estos materiales se apoyan sobre sistemas arrecifales antiguos o sobre el sustrato calizo neógeno, que puede llegar a mostrar evidencias de exposición subaérea.

Los únicos depósitos identificados como terrazas fluviales se sitúan en la Cañada Seca y en las inmediaciones de Paraíso, a una decena de metros sobre los fondos de valle. Dada su posición topográfica, podrían correlacionarse con los abanicos de la primera generación.

Como principales factores en la futura evolución de la red deben tenerse en cuenta: la influencia de las fallas relacionadas con la elevación general de las sierras, al menos desde el Plioceno; las posibles modificaciones eustáticas del nivel de base; el retroceso de las vertientes; la erosión remontante y las posibles capturas derivadas de la misma.

3.2.3. Formas eólicas

Cubren la mayor parte del extremo de la península de Bahoruco y la isla Beata, alcanzando un importante desarrollo y marcada expresión morfológica, con grandes dunas longitudinales y parabólicas. Las crestas individuales de la mayoría de las dunas longitudinales alcanzan varios kilómetros de longitud, con un trazado muy recto y una dirección constante ENE-OSO. En la isla Beata se encuentran dunas parabólicas cuyas ramas alcanzan 3 km de longitud, con una separación de 500 m entre ellas, junto con crestas aproximadamente transversales (NO-SE). En el mapa geomorfológico se han representado las crestas de mayor altura y continuidad a partir de la fotointerpretación.

Las dunas transversales mencionadas, con menor expresión morfológica que las longitudinales, podrían corresponder a etapas iniciales de la sedimentación eólica, que habría sido enmascarada posteriormente por un episodio de mayor energía, que habría generado las dunas longitudinales y parabólicas.

Algunas crestas dunares se elevan hasta 20 m sobre el llano cubierto por un delgado manto eólico de limos interdunares. La buena conservación de estas formas ha sido posible por la acusada cementación carbonatada que presentan estos depósitos.

Su área fuente debió situarse al este de dichos lugares y por tanto en la plataforma marina, durante un episodio regresivo del nivel marino. Así lo atestiguan las siguientes circunstancias:

- el sentido de aporte (hacia el OSO) marcado por las grandes dunas parabólicas
- la presencia de dunas remontantes en los acantilados del lado oriental de la península y la ausencia de depósitos eólicos en el lado occidental de la misma y de la isla Beata
- la foto aérea disponible (escala 1:60.000) permite observar el fondo marino cubierto por crestas, con la misma dirección que las dunas subaéreas. Se prolongan hacia el oeste de la península e isla mencionadas, donde son observables hasta varios kilómetros de la costa, aunque parcialmente borradas o cubiertas por barras submarinas con la misma dirección que la del canal de Beata

3.2.4. Formas lacustres y endorreicas

El área pantanosa de Tierra Colorada – coincidiendo con el límite provincial Barahona-Pedernales – corresponde a una zona deprimida de la superficie de erosión S₁, que todavía actúa como área de encharcamiento esporádico, ya que no ha llegado a ser capturada por la incisión fluvial actual. El nombre del paraje está en consonancia con los procesos de rubefacción vinculados a la elaboración de las superficies de erosión que se describen más adelante. La segunda área pantanosa identificada está vinculada a la incisión actual, situándose al pie de los abanicos torrenciales próximos a la costa, también coincidiendo con el mencionado límite provincial.

En la Cañada Genaro, situada en borde occidental del área de estudio, la fotointerpretación ha permitido identificar un área con forma oval, con una superficie de 1 km², en la que deben de producirse varios afloramientos de agua subterránea deducibles del drenaje incipiente que se observa a partir de dicho sector, por ello se han identificado como ojos de agua. Puede tratarse de una depresión kárstica cubierta por el glacis de cobertera que tapiza este sector. De hecho, 1 km al oeste de este lugar se ha identificado una dolina de karst cubierto.

3.2.5. Formas marinas-litorales

Los acantilados son las **formas erosivas** litorales más representativas del área. Presentan casi siempre una altura inferior a 25 m, excepto en el extremo meridional de la península y en la isla Beata, donde algunos de ellos oscilan entre 25 y 100 m.

En etapas anteriores de *high stand* del nivel marino se elaboraron diversas superficies de abrasión marina y sus correspondientes paleoacantilados – hasta dos diferentes – tanto en la península como en la isla. Dichas superficies podrían haberse representado con el símbolo correspondiente a terraza marina, aunque se ha optado por su identificación como superficies de erosión poligénicas, lo que se justifica más adelante.

Entre las **formas de depósito** las playas de cantos y playas de arena son las más representativas. En la laguna y manglares de Oviedo y en la costa occidental son arenosas y aparecen adosadas al cordón litoral, ambos con granulometría y composición similares. En ocasiones dicho cordón alcanza una anchura de más de medio kilómetro y su origen es probablemente eólico, aunque la aparición de restos de moluscos indica cercanía a una antigua línea de costa. En él que separa la laguna de

Oviedo del mar del Caribe se ha identificado una paleoplaya a partir de diversas líneas concéntricas de acreción litoral, con la misma expresión morfológica que las playas de bolsillo definidas por la cartografía geológica (escala 1:50.000) en la contigua hoja de Cabo Rojo.

En el entorno de los extensos manglares de la costa oriental y en los más reducidos de la occidental se han delimitado como marisma baja amplios sectores con influencia de las mareas y como marisma alta otros de extensión reducida y forma alargada, que se extienden junto al cordón litoral o en el lado interno del manglar, y que solo ocasionalmente llegan a experimentar la influencia de las mareas. Los manglares abandonados se localizan a lo largo de una banda que limita el área de influencia marina de la tierra firme, que jalona la marisma baja o manglar actual, el cual alcanza una superficie importante.

Aunque estas zonas de marisma alta han quedado colgadas por encima de altura del nivel del mar que alcanzan las mareas diarias, ya sea por efectos de la tectónica o de la sedimentación, pueden llegar a sumergirse en momentos de grandes tormentas o mareas vivas. Las marismas bajas, por el contrario, son zonas que se encuentran encharcadas ya que experimentan, al menos, una pleamar y una bajamar al día; aunque en periodos de mes lunar puedan existir mareas semidiurnas, con dos pleamares y bajamares diarias.

Las lagunas costeras con salinización superficial se localizan entre los cordones litorales de la costa occidental y junto al manglar de Oviedo. Presentan forma alargada, con una longitud de 3 km y a una cota ligeramente superior a las marismas, por lo que suelen permanecer aisladas de la acción de las mareas, aunque no de las tormentas debidas a los huracanes.

La gran laguna de Oviedo y otra de menor tamaño situada en la costa occidental, presentan las características de albuferas, comunicadas con el mar abierto a través de los manglares contiguos.

Las construcciones biogénicas de origen arrecifal presentan dos episodios. El más antiguo aparece como masas de calizas coralinas situadas hacia la base de los abanicos de la primera generación, o bien interdentando con los mismos, a unos pocos metros sobre el nivel del mar. Los arrecifes actuales o subactuales jalonan la línea de costa definiendo sistemas de arrecifes frangeantes, sin desarrollo de lagunas

costeras y que llegan a crear plataformas al nivel del oleaje, que llegan a emerger en algunos puntos durante la bajamar, pero que no han sido representadas por situarse fuera de dicha línea.

3.2.6. Formas originadas por meteorización química

Se localizan fundamentalmente en los dos tercios meridionales de la hoja y en su mayoría corresponden a dolinas y superficies de lapiaz. Las más abundantes son las dolinas de fondo plano y dolinas de borde difuso, seguidas de las pequeñas dolinas, de las cuales no se han llegado a representar todas debido a su pequeño tamaño para esta escala de trabajo. En ocasiones éstas se sitúan a lo largo de líneas identificadas como alineaciones morfológicas con control estructural. Las dolinas de karst cubierto se ubican bien en los glaciares de cobertera o bien bajo los depósitos eólicos. En el centro de la hoja se han identificado algunas dolinas capturadas de pequeño tamaño y diversas uvalas con fondo plano y ocupado por arcillas de descalcificación. En las inmediaciones del límite occidental de la hoja existen dos dolinas en embudo.

Las superficies de lapiaz desnudo suelen aparecer de forma puntual sobre diversos afloramientos de rocas calizas, aunque solo se han representado al oeste de los depósitos eólicos del extremo meridional de la península, donde alcanzan un mayor desarrollo.

Las dos surgencias identificadas se sitúan al nivel del mar. La más importante se encuentra en la costa oriental, en la localidad Los Patos, con un caudal de dos a tres metros cúbicos por segundo. En la costa occidental de la laguna de Oviedo también se han identificado surgencias con escaso caudal subaéreo.

3.2.7. Formas poligénicas

Se incluyen en este grupo las formas cuya morfogénesis puede atribuirse a la acción simultánea o sucesiva de más de un proceso genético, habiéndose reconocido como tales las superficies de erosión degradadas, escarpes, glaciares y otros depósitos de origen mixto.

En la hoja de Enriquillo, pueden diferenciarse dos sectores en relación con la formación de las superficies de erosión degradadas: al norte, la cuenca hidrográfica de

Cañada Seca, al sur, el extremo meridional de la península de Bahoruco y la isla Beata.

En la **cuenca hidrográfica de Cañada Seca** el cauce principal con el mismo nombre aparece encajado a lo largo de un posible accidente, oculto por diferentes formaciones superficiales, que correspondería a la falla inversa (NO-SE), cuya traza aflora cerca de la costa (ver Esquema Morfoestructural de Mapa Geomorfológico). Por ello, la red de drenaje de dicha cuenca, situada al noreste de dicha fractura, drena el pronunciado relieve del sector costero de la sierra de Bahoruco, en tanto que la red de la margen derecha (situada al suroeste) drena un relieve menos pronunciado.

En este último (sector suroccidental de la cuenca) el reconocimiento fotogeológico detallado ha permitido identificar hasta cinco superficies de erosión degradadas (S_1 a S_5), las cuales se escalonan y descienden hacia el cauce principal. La superficie más extensa y mejor conservada se ha designado como S_1 , aunque por encima de ella existen otros aplanamientos menos definidos y de carácter residual, que se han designado como S_0 .

Por el contrario, en el más accidentado sector nororiental, cuyo drenaje se dirige hacia la margen izquierda, dichas superficies no son identificables, ya que han debido ser compartimentadas y desniveladas por la tectónica activa. Aún así, diversos interfluvios que aparecen coronados por argilizaciones, deben corresponder a restos de dichas superficies, desniveladas por las fallas que escalonan dicho relieve hasta la línea de costa.

Estas superficies tienen el carácter de sucesivos paleorelieves o niveles de erosión, generados con el encajamiento progresivo de la mencionada red de drenaje. Todos ellos tienen una suave pendiente hacia el eje de la red de drenaje actual, y aparecen representados en el mapa como pequeños y estrechos recintos, coincidiendo con las culminaciones de los interfluvios.

La superficie S_1 es la mejor conservada de todas; presenta cotas que descienden de los 570 m, en los interfluvios más alejados de la costa, a 450 m en áreas más próximas a ésta. En ocasiones, la cartografía geológica (escala 1:50.000) muestra la presencia en ella de calizas brechoides, rojizas y muy cementadas, resultantes de la importante karstificación del sustrato. En paraje denominado Tierra Colorada, esta superficie conserva una zona pantanosa y endorreica con abundante rubefacción,

rodeada de elevaciones alomadas correspondientes a relieves residuales, en una superficie equiparable más a un paleorelieve que a una superficie s.s.

La superficie S_2 aparece como otro peleorelieve encajado en el anterior, con cotas que oscilan entre 440 y 360 m, en descenso hacia los cauces actuales. Se trataría de otro episodio de regularización de la incisión fluvial en relación con otro *high stand* del nivel marino y cierta estabilidad tectónica. No se han identificado alteritas o depósitos relacionados con al misma.

La superficie S_3 presenta mayor extensión que la anterior, con cotas comprendidas entre 360 y 300 m, aunque hacia el sur de la hoja constituye una rampa única que llega a enlazar con los glaciares y queda cubierta por estos, a cotas de solo 100 m, por lo que en este sector se identifica como la coalescencia o solapamiento de las superficies S_3 , S_4 y S_5 , (S_{3-5}).

Las dos superficies más bajas (S_4 y S_5) aparecen restringidas a las proximidades del cauce de Cañada Seca, entre cotas de 260 y 120 m, por lo que también podrían ser consideradas como terrazas fluviales erosivas. La más baja se sitúa a pocos metros sobre el ápice del gran abanico fluvio-deltaico de Arroyo Dulce, generado por la descarga de dicha cañada.

En el **extremo meridional de la península de Bahoruco e isla Beata**, las superficies de erosión degradadas constituyen la forma más determinante del relieve (cuadrantes a escala 1:100.000 de Enriquillo, Cabo Rojo y Pedernales), donde el rasgo dominante es la presencia de sucesivas plataformas escalonadas hasta el mar. Éstas fueron generadas por abrasión marina, en episodios de relativa estabilidad del nivel marino, aunque no de estabilidad tectónica, puesto que mientras en unos lugares se produce solapamiento o coalescencia de dos o más superficies, en otros se da el desdoblamiento de alguna de ellas en varias superficies con menor extensión y diferencias altimétricas más reducidas. Esto pretende explicar el hecho que en el mapa geomorfológico un mismo recinto pueda estar designado, por ejemplo, como S_3 en un lugar y como S_{3-5} en otro. Por tanto, la identificación y la continuidad lateral de cada una de las superficies de abrasión marina es problemática en ocasiones, debido a la tectónica activa simultánea a su génesis.

En la hoja de Enriquillo solo se identifican tres superficies escalonadas, en las inmediaciones de la costa oriental y en la isla Beata, en el resto solo se da una única, identificada como S₃₋₅.

La integración y correlación de las superficies de erosión de la cuenca hidrográfica de Cañada Seca con las extensas terrazas marinas del resto de península de Bahoruco, y la representación de éstas últimas también como superficies de erosión (poligénicas), se fundamenta en las siguientes circunstancias:

- Las superficies S₁, S₂ y S₃. presentan continuidad desde Cañada Seca hacia el resto de la península.
- En la cuenca de Cañada Seca, dependiendo de la litología de cada lugar, la superficie S₁ ha experimentado un modelado kárstico y aparece cubierta por un tapiz discontinuo de brechas carbonatas, o bien por argilizaciones y rubefacciones. En el sector de Pedernales, la misma superficie, allí claramente delimitada por sus paleocantilados y por ello con un origen claramente litoral, presenta restos dejados por la erosión de una argilización con bauxita.
- La terraza marina o superficie designada como S₃ aparece en parte cubierta por un extenso glacis, por lo que los procesos de arroyada han intervenido en la configuración actual de la misma.

La tectónica activa mencionada se analiza en el apartado correspondiente. En esencia, se traduce en la presencia de algunos escarpes rectilíneos que parecen coincidir con fallas activas, y en la formación de pliegues de gran radio que afectan y desnivelan dichas superficies.

Finalizando con las formas poligénicas los glacis de cobertera y glacis de cobertera degradados son formas de enlace entre los relieves y superficies de la cuenca de Cañada Seca y los llanos del sur, donde cubren la superficie S₃₋₅ de forma parcial. Ésta, junto con los glacis, forman un pequeño escalón de origen tectónico, sobre la laguna y manglares de Oviedo.

Se han identificado como depósitos de origen aluvial-coluvial, y por tanto poligénicos, los que recubren la base de algunas laderas, en su enlace con el fondo de valle en la Cañada Seca y los situados al sur de Mambí (inmediaciones del abanico fluvio-deltaico

de Arroyo Dulce). En ellos se integran algunos de los coluviones representados en la cartografía geológica (escala 1:50.000), que por su tamaño no son representables a esta escala de trabajo, junto con la superficie irregular que se prolonga hasta el fondo de valle de Cañada Seca y el mencionado abanico fluvio-deltaico. Se les considera por tanto como materiales de origen mixto o poligénico.

Entre dichos glaciares y la superficie S₃ que se extiende por el extremo meridional de la península, hay un escarpe rectilíneo de origen incierto, puesto que podría corresponder a un cambio litológico, a una fractura, o a ambas circunstancias.

4. FORMACIONES SUPERFICIALES

Se consideran como tales todas aquéllas formas con depósito, consolidado o no, relacionadas con el modelado del relieve actual, y que por su extensión pueden ser cartografiadas. Su geometría, tamaño y génesis, han sido tratados en el estudio del modelado. En lo que sigue se describe la litología, textura, potencia, y edad de las mismas. En relación con este último aspecto, por el momento solo se dispone en la región de un único dato referente a las construcciones biogénicas presentes en la costa de la bahía de Neiba. Su edad ha sido determinada por métodos radiométricos (Taylor *et al.*, 1985) en 124.000 años (Pleistoceno), sensiblemente mayor que la establecida para los afloramientos análogos distribuidos en torno al lago Enriquillo (5.000-10.000 años), pertenecientes al Holoceno. Ambas dataciones constituyen por el momento las únicas referencias cronológicas para el conjunto de procesos exógenos y endógenos acaecidos durante el Cuaternario, en el sector meridional de la isla La Española.

4.1. Formaciones gravitacionales

4.1.1. Brechas y gravas. Flujos de derrubios (a). Holoceno

En el límite septentrional de la hoja (Cañadas de Masaco y Charco Prieto) se localizan diversas coladas de derrubios que confluyen en la Cañada Seca. Son mantos de gravas y brechas de cantos angulosos de caliza, que en conjunto llegan a cubrir una superficie de más de 1 km². Su espesor puede alcanzar la decena de metros. Aparecen como un fenómeno de ladera activo, puesto que cubre o sustituye a los depósitos más frecuentes de fondo de valle y no presenta incisión fluvial.

4.1.2. Grandes bloques de caliza. Deslizamientos (b). Holoceno

Los dos únicos deslizamientos identificados en la hoja se ubican en la costa occidental. Son coherentes y de carácter traslacional, puesto que se trata de dos grandes bloques de calizas masivas de la Unidad Bahoruco. Ambos se sitúan en el límite de las hojas de Enriquillo y Cabo Rojo, y el área ocupada por ellos participa de ambas. Su identificación sobre el terreno es dudosa, puesto que los bloques deslizados presentan el mismo aspecto que el resto de la unidad, aunque por otra parte la fotointerpretación permite identificar las cicatrices del deslizamiento y un pequeño graben entre ellas y los bloques deslizados.

El deslizamiento más occidental, que se extiende en su mayor parte en la hoja contigua, tiene 2,5 km de largo, 0,5 km de ancho y un espesor de 30 a 40 m. La cicatriz y el bloque deslizado son ligeramente oblicuos a la costa, de forma que el extremo occidental del mismo penetra en el mar, en tanto que el occidental queda sobre tierra firme. Dicha cicatriz presenta el mismo trazado que el del escarpe que todavía conserva la masa deslizada, configurando entre ambos un pequeño graben alargado y con salida al mar.

El otro deslizamiento se extiende en su mayor parte sobre la hoja de Enriquillo. De menor extensión que el anterior, presenta 1 km de largo, 0,5 de ancho y un espesor de pocas decenas de metros. Su frente se encuentra al nivel de las marismas de dicho lugar y su cicatriz de despegue presenta un trazado arqueado y paralelo al contorno del bloque.

La edad de ambos puede ser reciente, puesto que la erosión marina no ha destruido el promontorio creado por el más extenso de ellos. No obstante, hacia el sur se detectan otros posibles deslizamientos, cuyas cicatrices ya han sido casi totalmente erosionadas. Un vestigio de ellos puede ser el bloque de calizas (0,5 x 0,2 km) que emerge sobre el manglar. Estos últimos posibles fenómenos de ladera, han de ser más antiguos que los anteriores. No se han representado por la imposibilidad de identificar con precisión sus cicatrices y área de procedencia.

4.1.3. Limos y arcillas con cantos. Coluviones (c). Holoceno

Son depósitos de cantos heterométricos y subangulosos, englobados en una matriz areno-arcillosa, procedentes del desmantelamiento de las vertientes; por ello, la naturaleza de sus componentes varía en función de la composición del área madre. Su potencia y características internas también son variables, no pudiendo precisarse aquélla por ausencia de cortes de detalle, aunque se deducen potencias de orden métrico.

4.2. Formaciones fluviales y de escorrentía superficial

4.2.1. Conglomerados y arenas. Abanico fluvio-deltaico (d). Pleistoceno

El gran abanico fluvio-deltaico de Arroyo Dulce ocupa una superficie de 30 km². En las últimas etapas de su evolución ha debido de experimentar retoques erosivos que han nivelado su superficie, la cual llega a enlazar con los manglares de Oviedo. Su litología muestra episodios de mayor energía, con paleocanales de base erosiva, con gravas subredondeadas de cantos calizos, granosoportados en ocasiones o bien con una matriz abundante limo-arcillosa rojiza. Entre los paleocanales la sucesión muestra el predominio de arenas y limos con cantos en niveles discontinuos. En ocasiones presenta niveles de cantos redondeados y aplanados, con cierta imbricación dirigida tierra adentro, lo que evidencia una participación marina o litoral. Su espesor puede alcanzar 20 m, puesto que en una cantera situada al suroeste de Arroyo Dulce se observa una sucesión de 15 m de potencia. En consecuencia se trataría de un abanico de baja pendiente que actualmente puede experimentar retoques erosivos en superficie.

Su edad es equivalente a la de los abanicos de la primera generación que se describen en el siguiente apartado. En ambos casos se dan intercalaciones de corales antiguos hacia la base de la formación, que avalan una edad Pleistoceno superior-Holoceno.

4.2.2. Conglomerados, gravas y arenas. Abanicos torrenciales antiguos (e). Pleistoceno

Esta formación aflora en toda la costa acantilada que se prolonga desde Enriquillo hasta el borde septentrional de la hoja. . En la base presentan uno a dos metros de

limos arenosos, cubiertos por paleocanales de base erosiva con cantos calizos bioerosionados y restos esporádicos de fauna. Se trata por tanto de una facies transgresiva, sobre la que el resto de la formación aparece como una sucesión continental, homogénea, de limos y arenas con frecuentes niveles de canturreal calizo y episodios con cementación variable, siendo éstos dominantes en el techo de la formación, donde produce un resalte más resistente a la erosión.

Cerca del cementerio de Enriquillo, aparece un pequeño afloramiento de arenas eólicas, intercaladas entre los depósitos basales de estos abanicos aluviales, muy cerca su contacto con los materiales arrecifales. Muestran estratificación cruzada de alto ángulo y se interpretan como dunas rampantes. Por otro lado, al pie de la Loma de la Polea y de la Loma El Jabón, entre los depósitos aluviales más altos aparecen intercalados barras de calcarenitas bioclásticas, con estratificación cruzada en surco, que se interpretan como pequeñas incursiones transgresivas dentro de la serie.

El espesor total de la formación puede alcanzar 25 a 30 m., que corresponde a la altura de los acantilados actuales labrados en esta formación. Su edad ha de alcanzar al menos el Pleistoceno superior en la base de la formación, donde cubre las calizas coralinas y presenta facies litorales y transgresivas. En la Bahía de Neiba, corales que presentan una posición similar a la de estos (2 a 3 m sobre el nivel del mar), fueron datados en 124.000 m. a. (Taylor *et al.*, 1985).

4.2.3. Conglomerados y arenas. Terrazas (f). Pleistoceno

Esta formación, que sólo ha sido identificada en Cañada Seca y en la localidad de Paraíso, no ha proporcionado afloramientos que permitan una buena observación de su litología. En superficie aparece con cantos rodados de composición caliza, con diámetros que alcanzan 0,3 m y matriz arenosa. Su organización interna es pobre, predominando una difusa estratificación horizontal. Su espesor puede estimarse en unos pocos metros, sin poder precisar el valor exacto, puesto que no aflora la base de la formación. Su posición topográfica, elevada entre 5 y 10 m sobre los cauces actuales, permite pensar en una génesis simultánea a la de los abanicos que se acaban de describir y en consecuencia en una edad similar.

4.2.4. Arenas, gravas y conglomerados. Conos de deyección activos (g). Holoceno

Están constituidos por proporciones variables de gravas, arenas y lutitas, cuya composición es función del área madre, por lo que predominan los integrantes de naturaleza calcárea, agrupados en sucesiones de niveles, de orden decimétrico a métrico, de gravas redondeadas heterométricas, con bloques cuyo diámetro puede sobrepasar los 50 cm, que aparecen flotando en una matriz arenosa con proporciones heterogéneas de lutitas. En las inmediaciones de los afloramientos de la F. Dumisseau-La Ciénaga, los cantos de basaltos y tufitas son los componentes dominantes. Su espesor también es muy variable, tanto entre los diversos conos como dentro de cada uno de ellos, pudiendo alcanzar 10 m en algunos casos.

4.2.5. Conglomerados, gravas y arenas. Fondos de valle (h). Holoceno

Están constituidos por gravas y arenas de naturaleza carbonatada principalmente, excepto los situados al norte de la localidad de Enriquillo, que son alimentados por rocas volcánicas y vulcano-sedimentarias de la formación Dumisseau-La Ciénaga, constituida por basaltos, tufitas y grauvacas. Puntualmente pueden presentar un predominio lutítico. Las gravas contienen cantos redondeados a subredondeados, heterométricos, con un diámetro de 10-20 cm. Aunque no existen cortes que permitan determinar su espesor, éste puede variar notablemente en función de la topografía que cubren, pudiendo alcanzar 5 m.

4.3. Formaciones eólicas

4.3.1. Arenas. Manto eólico con dunas (i). Pleistoceno

Es la formación superficial más extensa de todas, puesto que cubre la mayor parte del extremo de la península de Bahoruco y de la isla Beata. Está constituida por arenas y limos bioclásticos, con una fuerte cementación que ha propiciado la conservación de grandes dunas longitudinales, con una dirección constante ENE-OSO, entre las que se dan algunas parabólicas y muy alargadas que indican un aporte hacia el OSO. Entre las dunas se da un manto de limos eólicos interdunares, con desarrollo discontinuo, puesto que en ocasiones aflora el sustrato correspondiente a las calizas oligomiocenas de la Formación Trudillé. El espesor de esta formación varía notablemente, dependiendo de la altura de las dunas, puede alcanzar dos a tres decenas de metros.

Su edad corresponde probablemente al Pleistoceno. Como ya se ha indicado en el apartado dedicado al Estudio del Modelado, estas dunas se prolongan hacia el oeste, bajo el nivel marino actual, por lo que su génesis ha de ser al menos anterior a la transgresión Flandriense.

4.4. Formaciones lacustres y endorreicas

4.4.1. Lutitas y arenas finas. Áreas pantanosas (j). Holoceno

Sólo se han identificado dos áreas de pequeña extensión con estas características. Son limos y arenas con colores oscuros, debidos a su contenido en materia orgánica. Su espesor puede estimarse en dos o tres metros, aunque puede ser mayor en el área correspondiente al paraje de Tierra Colorada, por tratarse de un encharcamiento antiguo y ligado a la superficie S₁. En este caso, su edad podría abarcar el Pleistoceno-Holoceno y no sólo el Holoceno que figura en la leyenda.

4.5. Formaciones marinas-litorales

4.5.1. Calizas arrecifales. Construcciones biogénicas (k). Pleistoceno

Son formaciones de carácter discontinuo, que suelen aflorar en la base de los abanicos de primera generación, en las inmediaciones de la costa. El afloramiento mejor conservado se localiza dentro del pueblo de Enriquillo, concretamente en Punta la Ventanita. En este punto pueden observarse corales hidrozoos, dispuestos en posición de vida, que definen sistemas de arrecifes frangeantes adosados al paleo-relieve terciario. En otros casos aparecen como brechas y bloques procedentes del arrecife original. Su espesor oscila entre 1 y 15 m y presentan un buzamiento moderado hacia mar de unos 8°.

En la contigua hoja de Barahona, Taylor *et al.* (1985) han señalado una antigüedad de 124.000 años para el más bajo y por ello más reciente, de los tres niveles de corales allí definidos, sensiblemente mayor que la establecida para los afloramientos distribuidos en torno al lago Enriquillo (5.000-10.000 años). Queda por determinar, la equivalencia entre dicho nivel de la bahía de Neiba y los que se extienden a lo largo de la costa oriental de la península de Bahoruco.

4.5.2. Calizas oolíticas y bioclásticas. Paleoplaya (playa de bolsillo) (l). Pleistoceno

Esta paleoplaya ocupa una reducida extensión en el ámbito de esta hoja, en tanto que en la contigua de Cabo Rojo se da una sucesión de tres paleoplayas (playas de bolsillo), con gran extensión. Se localiza junto a la barrera (cordón arenoso) que separa la laguna de Oviedo del mar del Caribe.

Está constituida por areniscas bioclásticas con elevada proporción de oolitos y cementación variable. Su espesor puede estimarse en unos pocos metros y su edad es atribuible al Pleistoceno superior.

4.5.3. Arenas. Cordón litoral antiguo (m). Pleistoceno

Es una formación presente en todo el litoral de costa baja, o no acantilada, donde se está produciendo acreción litoral. Llega a elevarse 4 a 5 m sobre el nivel del mar y está constituido por arenas cuarzosas, en ocasiones bioclásticas, muy bien seleccionadas, con inicios de cementación carbonatada. Su espesor podría alcanzar ocho metros. Su formación debe responder a etapas del nivel del mar más bajo que el actual, aunque relativamente recientes. Por tanto, su edad debe ser Pleistoceno.

4.5.4. Lutitas ricas en materia orgánica. Marisma alta o manglar abandonado (n). Lutitas con abundantes restos vegetales. Marisma baja o manglar (ñ). Holoceno

Se agrupan en el presente apartado los depósitos relacionados con los procesos mareales. Son eminentemente lutíticos, con contenido variable de materia orgánica, como consecuencia de su colonización por el manglar. En el caso de las marismas altas son visibles pequeñas eflorescencias salinas. No se ha observado corte alguno que permita una detallada descripción de las unidades, ni tampoco el establecimiento de su espesor, posiblemente de unos pocos metros.

4.5.5. Arenas y cantos. Playas y cordones litorales actuales (o). Holoceno

Ocupan los sectores de costa baja, donde separan las marismas del mar abierto, o bien forman una estrecha plataforma al pie de acantilados. En el sector meridional de la costa oriental las playas y sus cordones litorales asociados, están constituidos fundamentalmente por arenas cuarzosas y bioclásticas, al igual que en la costa

occidental. En el sector septentrional de la costa oriental predominan las playas de cantos calizos, generalmente muy bien redondeados, con una proporción variable de arenas. Estos materiales pueden llegar a experimentar procesos de cementación temprana y formar *beachrocks* como consecuencia de su exposición a corrientes de aguas continentales saturadas en carbonatos y su exposición intermitente en zonas intermarales. El espesor de estas formaciones puede estimarse en unos pocos metros.

4.5.6. Limos carbonatados con salinización superficial. Laguna costera colmatada (p) Holoceno

Su constitución es lutítica, como resultado de procesos de decantación, sin llegada de aportes externos a la laguna, observándose eflorescencias salinas dispersas. Suelen situarse entre cordones litorales antiguos o bien en las inmediaciones de marismas, Se estima un espesor de orden métrico.

4.5.7. Calizas organógenas y calizas detríticas. Arrecifes actuales (q). Holoceno

Los arrecifes parcialmente emergidos y accesibles a la observación directa, presentan escasa continuidad. Al norte de los manglares de Oviedo llegan a formar una estrecha barrera que separa la marisma del mar. Mayor continuidad presentan los cordones de arrecifes situados al nivel del oleaje, que por estar fuera de la línea de costa no han sido representados en este mapa. Por otra parte aparecen reflejados en el mapa topográfico. Muestran abundantes hidrozoos en posición de vida, junto con numerosos restos de gasterópodos y material bioclástico, derivado de la acción del oleaje. Su espesor es de unos pocos metros.

4.6. Formaciones originadas por meteorización química

4.6.1. Arcillas rojas. Argilizaciones y rubefacciones (r). Pleistoceno-Holoceno

Esta formación aparece asociada a las superficies de erosión, por lo que configuran diversos afloramientos en las culminaciones de algunos interfluvios. Sólo se han representado los más extensos y reconocibles por fotointerpretación, y cabe pensar que la mayor parte de las superficies principales puedan tener restos de estas alteritas. Son arcillas masivas, con cierta proporción de limos y clastos calizos dispersos. En ocasiones presentan una rubefacción intensa. No llegan a generar depósitos lateríticos s.s., puesto que no han desarrollado el nivel superior de

encostramiento. Su espesor oscila entre uno y varios metros. Su edad abarca la de la elaboración de la superficie o nivel de erosión sobre el que se desarrollan, por tanto corresponderá al Pleistoceno, aunque su evolución continua en la actualidad.

4.6.2. Arcillas de descalcificación. Relleno de dolinas (s). Pleistoceno-Holoceno

Son arcillas rojas de aspecto masivo, con clastos dispersos del sustrato calizo, puesto que son el producto de la descalcificación de éste. Suelen ocupar el fondo de dolinas y depresiones debidas a disolución, en especial en la mitad meridional de la hoja. Su espesor debe variar en función de la envergadura de los procesos de disolución, pudiendo superar los 3 m. Su edad se ha asignado, de forma bastante imprecisa, al Pleistoceno-Holoceno.

4.7. Formaciones poligénicas

4.7.1. Brechas calcáreas cementadas con matriz rojiza (t). Pleistoceno-Holoceno

En esta hoja forman diversos afloramientos, algunos de los cuales alcanzan una extensión de más de 1 km², y siempre en relación con la superficie de erosión S₁, por lo cual puede pensarse que fuese un depósito exclusivo y característico de la misma. No obstante en las hojas contiguas (Cabo Rojo y Pedernales) esta misma formación aparece sobre diferentes niveles o superficies, hasta cotas próximas a la del nivel marino actual.

Esta formación está constituida por brechas calizas de composición variable, dependiendo de la del sustrato en cada lugar, con una matriz limo-arcillosa fuertemente cementada, lo que le confiere una competencia similar a la del sustrato. Su origen puede estar en el arrastre y acumulación en pequeñas depresiones, de materiales sueltos producidos por la karstificación subaérea. El drenaje esporádico y repetido sobre dichos materiales habría ocasionado su rápida e intensa cementación carbonatada. Su espesor oscila desde uno hasta la decena de metros. Su edad puede abarcar el Pleistoceno y Holoceno.

4.7.2. Arcillas con cantos y bloques. Aluvial-coluvial (u). Holoceno

Esta formación no presenta un carácter bien definido, puesto que se ha establecido con el objeto de identificar recubrimientos del sustrato que no llegan a presentar la

morfología característica de un coluvión, ni la de cualquier depósito fluvial, por lo que se consideran como depósitos poligénicos generados por fenómenos de ladera y por arroyada esporádica. Aparece restringida al valle y afluentes de Cañada Seca, en continuidad con algunos abanicos recientes. No se han observado cortes de la misma, por lo que su composición se estima de forma similar a la de los coluviones: limos y arcillas con cantos de composición dependiente de la del sustrato, con espesores de unos pocos metros.

4.7.3. Gravas y arenas rojas. Glacis de cobertera (v). Holoceno

Constituyen extensos mantos que tapizan parte de la superficie de erosión del sector central de la hoja, constituidos por arenas, arcillas y gravas rojas. Puesto que esta formación cubre en algunos lugares una superficie karstificada, puede presentar un espesor variable, mayor sobre dolinas y depresiones de disolución. En otros su espesor se reduce hasta el punto de aflorar el sustrato de forma discontinua. No se han localizado cortes o excavaciones que permitan una descripción más detallada de esta formación.

5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

La morfología de la región es el resultado de la evolución tectosedimentaria de la cuenca durante el Paleógeno, en la que se formó la secuencia de formaciones y unidades hoy aflorantes, y de la tectónica que involucró dichos materiales, especialmente desde el Mioceno a la actualidad, en un régimen tectónico transpresivo. En el sector suroccidental de La Española, dicho régimen dio lugar a la distribución de cordilleras y depresiones existentes hoy día (sierras de Neiba, Martín García y Bahoruco y cuencas de Enriquillo y San Juan). En el Cuaternario, el relleno de las cuencas, los depósitos que jalonan los relieves y las superficies de erosión, han experimentado procesos derivados de tectónica activa, debida a la permanencia del mismo régimen tectónico.

En la Sierra de Bahoruco cabe distinguir los dos dominios morfoestructurales ya descritos anteriormente: vertiente septentrional y vertiente meridional. El primero se caracteriza por la existencia de fallas transcurrentes y pliegues apretados, según la dirección NO-SE. El segundo responde en esencia a un relieve monoclinal que, de norte a sur, desciende de forma uniforme desde las cumbres de la mencionada sierra hasta el nivel del mar, con suaves pliegues cuyo desarrollo ha proseguido en tiempos recientes.

El levantamiento continuado de la isla durante el Cuaternario, junto con episodios transgresivos del mar, generaron hasta cinco terrazas marinas con continuidad regional, que cubren la vertiente meridional de la sierra de Bahoruco, entre la cota 500 m, y la costa actual. En el sector septentrional de la hoja de Enriquillo los mismos máximos marinos actuaron como nivel de base para el modelado fluvial, con él que se crearon sucesivas superficies de erosión, de las cuales las tres más altas muestran continuidad lateral con las terrazas marinas equivalentes. La designada como S_1 es la que presenta mayor extensión, junto con importantes argilizaciones y rubefacciones, probablemente desarrolladas tras los máximos interglaciales, y bajo un clima que evolucionaría desde condiciones cálidas y húmedas hacia condiciones más secas y estacionales. Un proceso esbozado y propuesto por Díaz del Olmo y Cámara (1993) para otros sectores de La Española.

Por encima de la mencionada superficie existen otros aplanamientos (designados como S_0) peor conservados y de origen incierto, pero que reflejan ya la interacción de

las oscilaciones eustáticas con el ascenso y emersión de la sierra de Bahoruco, probablemente ya en el Plioceno.

En la hoja de Enriquillo el ascenso de la isla generó en unos casos o reactivó en otros las siguientes estructuras:

- Un sistema de fallas constituido por dos familias aproximadamente ortogonales, con direcciones aproximadas NNE-SSO y ONO-ESE a NO-SE. La primera familia es paralela a la costa oriental de la península, donde configura el trazado rectilíneo de la misma, la forma alargada de la laguna de Oviedo y el descenso escalonado del relieve de la sierra de Bahoruco hasta la costa del mar del Caribe. La segunda familia, aproximadamente perpendicular a la anterior, cerca de la costa articuló dicho relieve con el área menos elevada de Cañada Seca y de la laguna de Oviedo. Ambas familias han debido participar en la formación y evolución de los pliegues que se mencionan a continuación.

- Tres grandes pliegues muy abiertos, con dirección aproximada NO-SE - paralela por tanto a las grandes unidades y estructuras principales de la isla -, que pliegan las sucesivas terrazas marinas. Dichos pliegues, -descritos en el apartado sobre Actividad Neotectónica – se prolongan por todo el sector suroccidental de la península de Bahoruco, cuyo desarrollo debe prolongarse hasta la actualidad.

En etapas recientes de esta evolución se generaron los abanicos torrenciales al pie del escarpe costero de la sierra de Bahoruco, el nivel de terrazas fluviales que enlaza con los mismos y el gran abanico fluviodeltaico de Arroyo Dulce. El depósito de dichas formaciones tuvo que iniciarse en un contexto transgresivo o de máximo marino, puesto que como ya se ha descrito, los abanicos y el abanico fluviodeltaico suelen presentar en su base un nivel discontinuo de arrecifes, cubierto por un conglomerado con cantos bioerosionados. Dicho máximo marino pudo ser uno de los relacionados con el estadio isotópico 5 (interglaciar Riss-Würm), de forma que los abanicos y terrazas corresponderían al Pleistoceno superior. Las terrazas y los abanicos del pie de la Sierra de Bahoruco han sido incididos por la red de drenaje actual y ya no son activos, en tanto que el mencionado abanico fluviodeltaico ha sido remodelado en tiempos recientes, de forma que su perfil longitudinal enlaza con el nivel marino actual.

Otros depósitos y formas litorales también aparecen vinculados con las últimas oscilaciones eustáticas:

- Las grandes dunas longitudinales y parabólicas, y el manto eólico interdunar, que cubren la mayor parte del extremo de la península de Bahoruco y la isla Beata, y que tienen su continuidad bajo el nivel actual del mar, debieron generarse durante episodios de bajada del nivel marino que propiciaría la deflacción y aporte de las arenas.
- Posteriormente, los últimos pulsos en el levantamiento regional de la isla han propiciado la emersión de algunos arrecifes, la posición elevada de los cordones litorales y el aislamiento de lagunas costeras contiguas a los mismos.

De forma simultánea a todo lo anterior, a lo largo del Cuaternario el modelado kárstico ha creado numerosas dolinas de disolución, excepcionalmente de colapso, y diversas áreas subsidentes con arcillas de descalcificación. Algunas de estas formas exokársticas se ubican a lo largo de fracturas o bien en la base de los paleoacantilados, como indicadores del desarrollo del endokarst, cuya circulación drena hacia la costa (gran surgencia de Los Patos y manantiales de la laguna de Oviedo), o bien aflora en forma de ojos de agua en el glacis situado a lo largo del sinforme más septentrional de los grandes pliegues arriba mencionados.

La laguna de Oviedo, que presenta una forma alargada y paralela a la familia de fallas NNE-SSO, debe corresponder a un *graben* reciente y posterior a la paleoplaya existente en el umbral que la separa del mar del Caribe. La costa occidental de la misma corresponde a una falla normal, con la dirección mencionada y buzamiento de 60° hacia la laguna, por lo que ha debido participar en la formación de dicho *graben*.

La incisión fluvial actual queda restringida a los dos tercios septentrionales de la hoja, donde ha creado una tupida red de drenaje, con una elevada sinuosidad y algún meandro abandonado. En dicha red los valles principales suelen presentar un fondo tapizado de sedimentos, con el que llegan a enlazar diversos conos de deyección o bien *debris flow*, activos en episodios de tormentas. En el extremo meridional de la península de Bahoruco y en la isla Beata, la red de drenaje ha sido reemplazada por la circulación en el endokarst.

6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

Se consideran procesos activos a aquellos fenómenos de origen endógeno o exógeno, que bajo determinadas circunstancias pueden constituir riesgos geológicos. Su cartografía supone, por tanto, un inventario de procesos geológicos funcionales, a lo que hay que añadir el carácter imprevisible de buena parte de los fenómenos naturales, incluso en áreas de baja actividad.

Los datos reflejados en la cartografía son una estimación preliminar y orientativa de los principales procesos geodinámicos activos del territorio y están basados en la fotointerpretación de las fotos aéreas disponibles y en el reconocimiento de campo en determinadas áreas. Consiguientemente, la información aportada tanto en el mapa como en la memoria no exime de la necesidad legal de realizar los estudios pertinentes en cada futuro proyecto, ni debe ser utilizada directamente para la valoración económica de terrenos o propiedades de cualquier clase.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que a esta escala de trabajo carecen de representación algunos fenómenos claramente perceptibles sobre el terreno. Sirva de ejemplo la nutrida red de arroyos y cañadas de las áreas montañosas, afectadas por procesos erosivos y, al menos temporalmente, de sedimentación e inundación: los primeros son representables mediante el correspondiente símbolo de incisión lineal, pero la escala no permite una representación de la superficie ocupada por los segundos.

En lo que sigue se describen los diversos tipos de actividad: sísmica, neotectónica, asociada a movimientos de laderas, por procesos de erosión, de inundación y de sedimentación y asociada a litologías especiales.

6.1. Actividad sísmica

La sismicidad es un proceso activo relevante en la La Española, como consecuencia de su situación en el límite entre dos placas: Norteamericana y del Caribe. Actualmente existe un consenso en el reconocimiento de las principales estructuras tectónicas de la isla y su relación con el desplazamiento relativo entre las placas litosféricas citadas. No obstante, aunque los rasgos generales son conocidos, el estudio de detalle de la actividad sísmica en la República Dominicana tropieza con una

cierta escasez de datos. Los registros históricos e instrumentales son parcos y no pueden considerarse definitivos.

El registro histórico se inicia con la llegada de los españoles en el siglo XV, lo que limita su ámbito a los últimos 500 años, a diferencia de otras zonas del planeta donde el registro histórico es más amplio. Por lo que respecta al registro instrumental, también tiene graves inconvenientes, pues la Red Sísmica de la República Dominicana fue establecida durante los trabajos del Proyecto SYSMIN (Prointec, 1999) y su registro es, por tanto, muy parco.

Por ello, los registros más antiguos existentes provienen, en su mayor parte, de agencias situadas fuera del territorio dominicano, por lo que en ellos solo figuran los eventos con magnitudes grandes. Los de pequeña magnitud han sido cubiertos por las redes sísmicas de otros países cercanos, como es el caso de la red puertorriqueña que cubre la zona oriental de la República Dominicana.

Para la elaboración del presente trabajo se ha accedido a las bases de datos de la Red Sísmica de Puerto Rico (PRSN), a través de la cual se puede consultar el catálogo de sismos registrados por las diferentes agencias, para el periodo comprendido entre 1986 y la actualidad. Se han proyectado la mayor parte de los epicentros correspondientes a dicho periodo, en un rectángulo que comprende la península de Bahoruco y la Bahía de Ocoa (longitudes: $72,000^{\circ}$ – $70,000^{\circ}$ y latitudes: $17,500^{\circ}$ – $18,500^{\circ}$) (ver Fig. 4). Al igual que la totalidad de la península de Bahoruco, la hoja de Enriquillo presenta un registro muy pobre. No obstante, cabe destacar en ésta presencia de cinco epicentros, cuya distribución define una banda con dirección NNE-SSO, paralela a la laguna de Oviedo y a las fallas que delimitan esta fosa reciente. Uno de ellos corresponde al terremoto del 15 de enero de 1992, de magnitud 5.5. y 78 km de profundidad. De los cuatro restantes, uno presenta una profundidad similar y los otros tres se localizan a unos 25 km.

También cabe destacar la presencia de otro epicentro sobre la costa oriental de la península, es decir, ajustándose a la misma dirección estructural ya indicada.

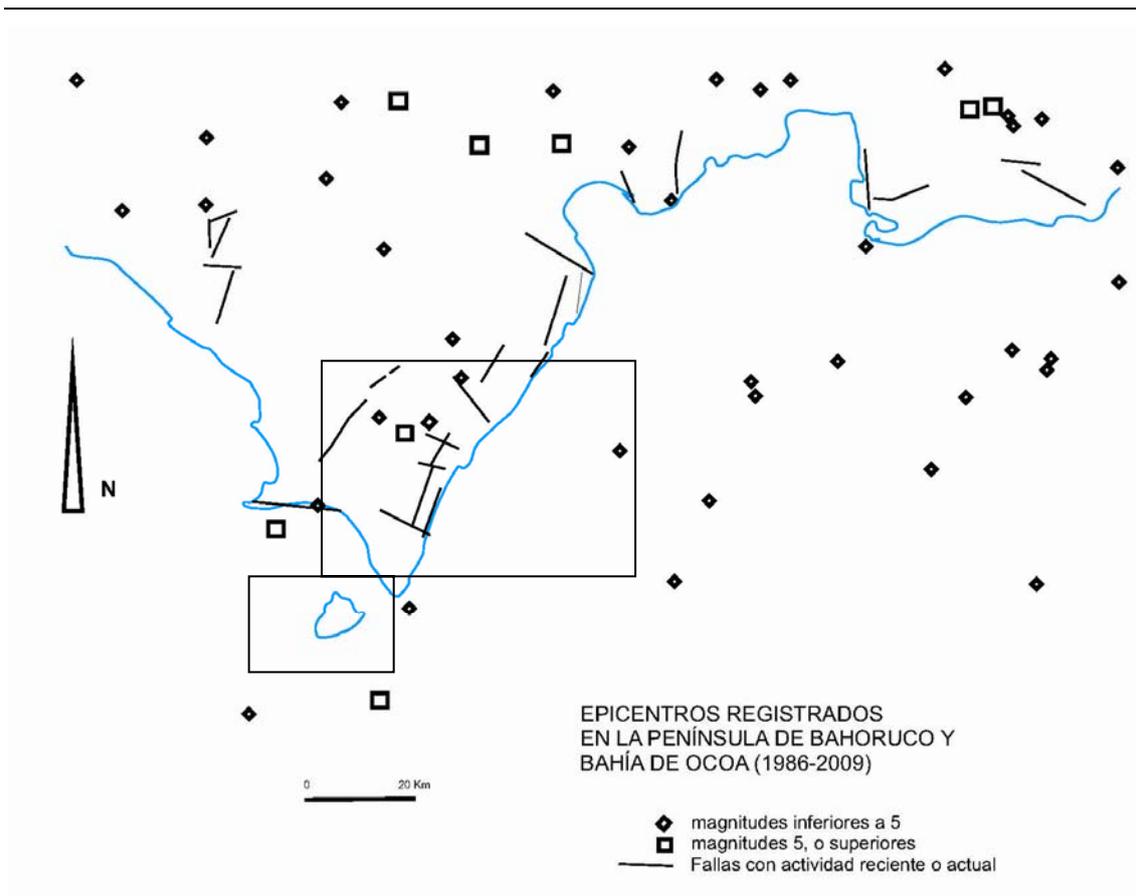


Fig. 4. Sismicidad en la península de Bahoruco y la bahía de Ocoa para el periodo 1986-2009 y situación de la hoja de Enriquillo y Beata (5969).

6.1.1. Tsunamis

Los *tsunamis* son olas de grandes dimensiones u olas sísmicas marinas, causadas por un movimiento súbito a gran escala del fondo marino, debido mayoritariamente a terremotos y, en escasas ocasiones, a deslizamientos, erupciones volcánicas o explosiones de origen antrópico.

Los tsunamis difieren de otros peligros sísmicos en el hecho que pueden causar daños serios a miles de kilómetros de las fallas detonantes. Una vez generados son prácticamente imperceptibles en el mar abierto, donde la altura de su superficie es inferior a un metro. Viajan con una velocidad de hasta 900 km/h, y la distancia entre dos crestas de ola consecutivas puede alcanzar 500 km. A medida que las olas se acercan a aguas poco profundas, la velocidad del tsunami disminuye y su energía se transforma en un aumento de la altura de la ola, que a veces supera 25 m; el intervalo de tiempo entre olas sucesivas permanece sin cambios, siendo generalmente de 20 a 40 minutos. Cuando los tsunamis se aproximan a la línea de costa, el mar suele

retraerse a niveles inferiores a los de la marea baja, creciendo luego como una ola gigante.

Los efectos de los tsunamis pueden ser condicionados por la configuración de la línea de costa local y del fondo marino. Ya que no existe una metodología precisa para definir estos efectos, es importante el examen del registro histórico para determinar si una sección particular del litoral ha sido afectada por tsunamis y qué elevación alcanzaron. Debe remarcarse que, debido a la fuerza de la ola, la inundación puede llegar a una elevación mayor que la de la cresta de la ola en la línea de costa.

Las costas haitianas y dominicanas han sido afectadas por tsunamis en diversas ocasiones, por lo que el ámbito del litoral de la hoja hay que señalar que son las costas bajas en las que cabe esperar mayor incidencia.

En la costa oriental de la península de Bahoruco cabe esperar inundación debida a tsunami en el sector de la misma correspondiente a los manglares y laguna de Oviedo y en el tramo que media entre estos y la localidad de Enriquillo. Al sur de este sector la costa se hace acantilada y despoblada. Al norte también se hace moderadamente acantilada aunque presenta la mayor densidad de población de toda la hoja, de forma que la incidencia de un posible tsunami se concentraría en las vaguadas y torrenteras que surgen del escarpe montañoso. En suma, las localidades más importantes y susceptibles de experimentar inundación por tsunami son: Los Patos, Enriquillo, Arroyo Salado y Oviedo, junto con la carretera Barhona-Pedernales que las une y que discurre en este sector a cotas que oscilan entre 10 y 20 m.

En la costa occidental no puede esperarse incidencia alguna sobre la población, puesto que la ola gigante inundaría los manglares y lagunas litorales de este lugar, en el que no hay ocupación humana, pero quedaría contenida por el relieve montañoso que se eleva tras los mismos.

6.2. Tectónica activa

En esta región la tectónica activa es importante, sin embargo, las formas originadas por ella no siempre son evidentes. Las elevadas tasas de erosión y la exuberante vegetación de muchos sectores, enmascaran rápidamente algunas de dichas formas, en especial los escarpes producidos por fallas.

Las fallas representadas en el mapa de procesos activos son aquellas de las que se supone o se puede inferir actividad al menos en el Pleistoceno, dado que presentan algún tipo de control en el relieve o bien afectan a depósitos con esta edad. Tal es el caso de las dos fallas inversas que han podido participar en el levantamiento del extremo suroriental de la sierra de Bahoruco, en relación a la cuenca hidrográfica de Cañada Seca y al abanico fluvio-deltaico de Arroyo Dulce. A su vez este macizo montañoso presenta un relieve en graderío, en descenso hacia el mar, merced a diversas fracturas paralelas a la costa, con algunas facetas de falla muy degradadas que pueden corresponder a fallas normales, así como diversos encajamientos anómalos de la red de drenaje.

En el centro de la hoja y en el extremo meridional de la península existen diversas alineaciones con control estructural, fallas con indicación de bloque hundido y escarpes de falla degradados, de los cuales los paralelos a la costa reflejan una actuación reciente, puesto que delimitan la laguna de Oviedo y el trazado rectilíneo de la línea de costa. Aunque con carácter dudoso, la fotointerpretación parece indicar un leve desplazamiento en la horizontal izquierdo, en una de las crestas de las numerosas dunas de este sector, en cuyo caso se trataría de una falla activa en el Holoceno.

Lo más destacable de la tectónica activa es la presencia de tres grandes pliegues muy abiertos, con dirección NO-SE, que ondulan y basculan a un lado y otro, en la dirección perpendicular a la anterior, la superficie de erosión (S_3) de este sector (ver Fig. 5).

- El pliegue más septentrional es un sinclinal o área con tendencia al hundimiento - dentro del levantamiento general -, a lo largo del cual se alinean: un área con ojos de agua, diversas pérdidas de drenaje situadas en el sector más bajo de los glaciares que tapizan parcialmente dicha superficie, y la laguna de Oviedo. Así mismo, esta estructura produce el solapamiento de las superficies más bajas (S_3 a S_5).
- La ondulación central es un anticlinal, o área con levantamiento acelerado, en la que la superficie S_3 alcanza la cota 230 m. En su flanco meridional se han producido diversos deslizamientos coherentes y traslacionales, dos de los cuales todavía se conservan y han sido cartografiados. En la hoja contigua (Cabo Rojo) la misma estructura positiva ha propiciado el desdoblamiento de

las plataformas de abrasión marina S_3 y S_4 en otras cuatro de menor extensión, continuidad lateral y altura de sus paleoacantilados. En esta hoja dicho alto coincide con el único lugar en el que aparecen dos paleoacantilados y en consecuencia, es posible identificar las tres superficies (S_3 , S_4 y S_5), que hacia el norte se reúnen en una única y hacia el sur se reducen a dos (S_3 y $S_4 + S_5$).

- El pliegue más meridional es un sinclinal que coincide con el canal de Beata. La isla con el mismo nombre corresponde al flanco meridional del mismo y su morfoestructura es la de una plataforma (S_5) basculada hacia el noreste.

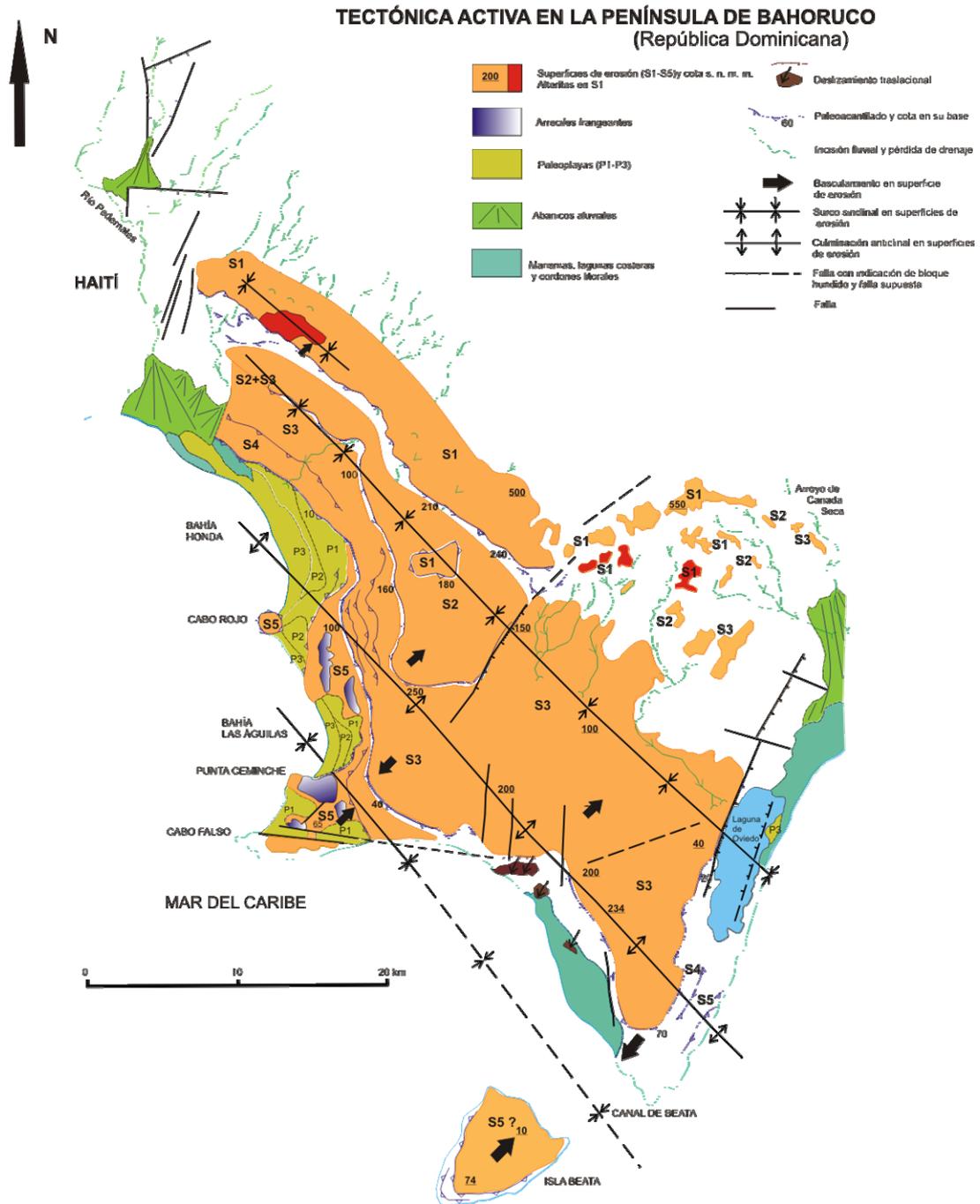


Fig. 5. Estructuras y formas del relieve relacionadas con la tectónica activa en la península de Bahoruco.

Los abanicos de la primera generación, que orlan el relieve montañoso de la sierra de Bahoruco en la costa, aparecen afectados por diversas fallas normales, con saltos verticales de unos pocos metros a centímetros y pliegues de *roll-over* en las capas involucradas. Ello confirma la actividad neotectónica en tiempos recientes, que pueden alcanzar el Holoceno.

El modelo digital del terreno proporciona una imagen bastante reveladora la tectónica activa del área (Fig.6).

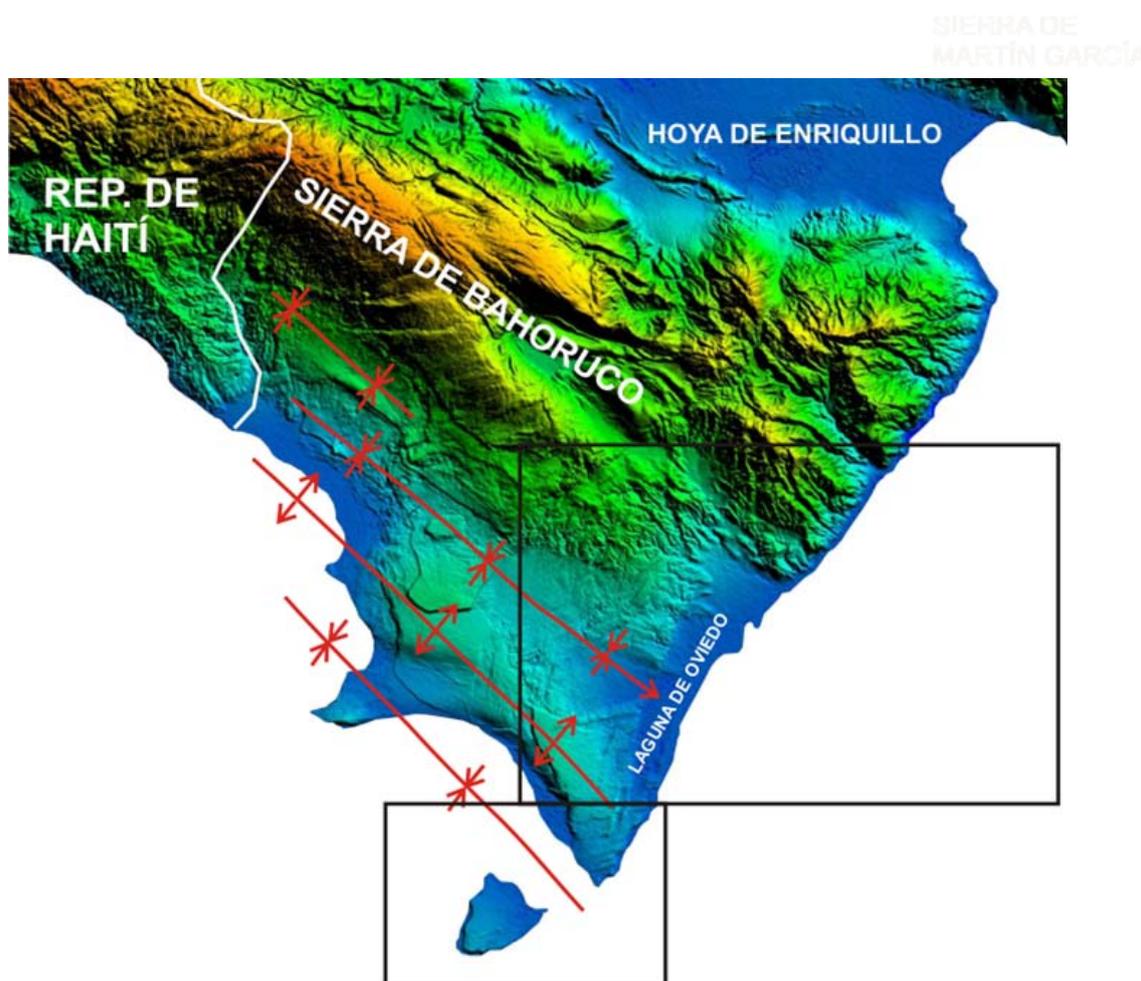


Fig. 6 Modelo digital del terreno en el que se aprecia el haz de pliegues desarrollados sobre las plataformas marinas de la vertiente suroccidental de la sierra de Bahoruco.

6.3. Actividad asociada a movimientos de laderas

Pese a las elevadas pendientes existentes en el extremo suroriental de la sierra de Bahoruco, son escasos los depósitos de origen gravitacional, debido a la fuerte

cohesión de los materiales calcáreos del Mb Barahona; también, probablemente a su existencia efímera, como consecuencia de la rápida destrucción de las vertientes. En consecuencia los coluviones presentan escaso desarrollo. En el límite septentrional de la hoja y en el sector correspondiente a una de las cabeceras de la cuenca de drenaje de Cañada Seca, la presencia de flujos de derrubios con actividad actual representa un riesgo potencial de avalanchas o flujos rápidos en dicho lugar.

En el resto de la hoja, que se caracteriza por su moderado relieve y el predominio del modelado kárstico, solo hay que destacar la presencia de dos deslizamientos traslacionales inducidos por la neotectónica del área, puesto que, por un lado, se han producido sobre el flanco de unos de los pliegues que afectan a las superficies de erosión, por otro también podrían estar relacionados con una falla paralela a la costa, presente en la contigua hoja de Cabo Rojo. En cualquier caso, estos deslizamientos, situados al nivel marino actual son recientes, puesto que el promontorio que crean en la línea costera, todavía no ha sido destruido por abrasión litoral, aunque después de su emplazamiento se ha producido acreción litoral, con desarrollo del cordón arenoso, lagunas litorales y pequeñas marismas. Por la ausencia de población en dicho sector, estos fenómenos de ladera no representan riesgo potencial.

6.4. Actividad asociada a procesos de erosión

Alcanza su máximo desarrollo en la zona montañosa del norte de la hoja, donde los procesos de erosión quedan reflejados por la incisión lineal de los arroyos y cañadas, con una densa red de drenaje, y el desarrollo de áreas acaravadas. Dicho sector ha sido delimitado como área sometida a intensa erosión.

Hay que destacar la fuerte sinuosidad de la mayoría de las cañadas torrenciales, lo que propicia la erosión lateral en muchos lugares, no siempre representados en el mapa por las limitaciones de la escala de trabajo.

En el glacis que conecta con la laguna de Oviedo se ha identificado arroyada en regueros cambiantes, en un sector con inundaciones potenciales.

En el litoral el retroceso de las costas acantiladas viene siendo un proceso activo a lo largo del Cuaternario, reflejado por los numerosos paleoacantilados presentes en el área. En la actualidad, el 60% de la línea de costa es acantilada, con un retroceso activo especialmente durante las tormentas y huracanes. En los periodos de calma, la

base de los mismos suele quedar a salvo del oleaje merced a la acumulación de bloque y ocasionalmente de depósitos organizados o huracanitas. El retroceso y desplome de los acantilados representa un riesgo potencial, especialmente en el extremo nororiental de la hoja, donde se da la mayor ocupación humana de la hoja y existen diversas infraestructuras turísticas. Por otra parte dichos escarpes están constituidos por gravas y arenas de escasa consistencia, lo que acelera su retroceso. En algunos sectores se están realizando obras para la protección del pie de dichos acantilados

6.5. Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación

Los procesos de inundación y sedimentación son los que tiene mayor incidencia sobre la población, puesto que derivan de varias actividades: fluvial, litoral, lacustre, eólica, antrópica, que por lo general operan en áreas deprimidas susceptibles de ser inundadas o de recibir aportes sedimentarios.

Como se ha indicado en el apartado sobre Evolución Geomorfológico, los **procesos eólicos** alcanzaron gran intensidad al final del Pleistoceno o al comienzo del Holoceno. Posteriormente, la transgresión Flandriense ha sumergido el área fuente de la ingente cantidad de arenas acumuladas en los grandes cordones dunares que cubren el extremo meridional de la hoja. La actividad eólica actual se reduce a la removilización de los limos interdunares – ya que las dunas están cementadas - y de los cordones litorales actuales, por lo que esta actividad no presenta incidencia sobre la actividad humana.

Los procesos de **inundación y sedimentación** actúan de forma prácticamente permanente sobre los fondos de valle de los cauces principales, y bajo un régimen torrencial en los numerosos arroyos y cañadas del norte de la hoja.

Los conos de deyección y los abanicos poseen una funcionalidad menos predecible, lo que dificulta su tratamiento, pudiendo dar lugar a violentos depósitos de masas aluviales con una participación acuosa variable. En general, las zonas inundables de un abanico o cono de deyección, están relacionadas con su geometría actual, con la tendencia a la progradación o a la disección y con las fases pretéritas de su evolución. Así, en abanicos progradantes con pequeños encajamientos, el desbordamiento puede ser masivo, afectando, sobre todo, a las vaguadas laterales y a los sectores más distales. Por el contrario, en abanicos ya incididos, los canales están bien

marcados, pero el exceso de caudal puede abrir nuevas vías o utilizar los paleocanales. En algunos casos, dichos canales se encuentran tan incididos que canalizan la práctica totalidad del flujo, cuya carga es depositada en la zona distal.

En el caso del abanico fluvio-deltaico de Arroyo Dulce, pese a no ser ya funcional, algunos sectores del mismo pueden ser inundables durante precipitaciones excepcionales, ya que desembocan al mismo diversos cauces con pérdidas de drenaje.

En definitiva y dada la morfología del ámbito de la hoja de Enriquillo no cabe esperar inundaciones similares o comparables a las que se producen en sectores cercanos, como la hoya de Enriquillo (hoja de Barahona), en la que existen extensas áreas pantanosas y llanuras de inundación relacionadas con el río Yaque del Sur. En el extremo meridional de la misma el drenaje subterráneo debido al modelado kárstico hace que los episodios de inundación en las zonas más deprimidas sean de corta duración y reducida extensión. Por otra parte sólo se han identificado en la hoja dos áreas pantanosas de reducida extensión, junto con las lagunas costeras, independientes de la esorrentía y dinámica fluvial, que no de la litoral.

La **actividad en el litoral** es manifiesta en relación con los canales de marea, las marismas y las playas, áreas sometidas a constantes procesos de inundación y sedimentación. El cordón litoral, queda a salvo de inundaciones, excepción hecha de la llegada eventual de algún tsunami. Por otra parte, la sedimentación litoral y los cordones de arrecifes actuales están produciendo cierta acreción litoral frente a los manglares de Oviedo y en la costa accidental.

6.6. Actividad asociada a litologías especiales

Se desarrolla principalmente en relación con los procesos kársticos que afectan a las calizas de la Formación Neiba y de las Unidades Los Quemados y Trudillé, y que se manifiestan principalmente por las dolinas y por el extenso campo de lapiaces desarrollados sobre las mismas. En algunas zonas los procesos de disolución pueden generar procesos de colapso, aunque sin incidencia destacable, dada la nula o baja ocupación y usos del terreno en las áreas karstificadas de la mitad meridional de la hoja.

6.7. Actividad antrópica

Aparece muy limitada en el conjunto de la hoja, por la baja densidad de población de la misma. Hay que tener en cuenta que amplios sectores de la península de Bahoruco son los más des poblados e inalterados por acción humana de la República Dominicana. Tan sólo en el entorno de las pequeñas poblaciones aparecen leves modificaciones relacionadas con la apertura de caminos o labores de mantenimiento de la única carretera que cruza la hoja y que une Barahona con Pedernales. En el litoral del extremo septentrional, en el que se concentra la moderada actividad turística de la zona, se están realizando trabajos para la contención del retroceso de los acantilados así como movimientos de tierra en la contigua ladera montañosa, destinadas a la edificación de infraestructuras hoteleras.

Especialmente sensibles ante la actividad humana son los sistemas costeros y, en particular las marismas, ante la falta de una legislación protectora. La destrucción de los ecosistemas litorales, de gran riqueza por su diversidad, se produce por los vertidos no controlados ni depurados. Quizás el impacto humano más notable sea el observado en la costa situada frente a la laguna de Oviedo, donde a lo largo de más de diez kilómetros, la playa de arena aparece prácticamente cubierta de envases y fragmentos de plástico. Esta circunstancia contrasta con la baja densidad de población en el área, lo que hace pensar en la larga permanencia de dichos residuos y en su amplia distribución merced a la deriva litoral, una vez que alcanzan el mar tras las descargas hídricas de las cañadas torrenciales

7. BIBLIOGRAFÍA

ABAD, M., PÉREZ-VARELA, F., MONTHEL, J., HERNAIZ, P.P., PÉREZ ESTAÚN, A., RUÍZ, F. (2008). Análisis morfosedimentario de niveles escalonados marinos plio-cuaternarios: un caso de estudio en las costas norte y suroeste de la República Dominicana. Libro Resumen 18ª Conferencia Geológica del Caribe, Santo Domingo, República Dominicana, p. 2.

DE LA FUENTE, S. (1976). Geografía Dominicana. Ed. Colegial Quisqueyana S.A., Instituto Americano del Libro y Santiago de la Fuente sj; Santo Domingo, 272 pp.

DÍAZ DEL OLMO, F., CÁMARA ARTIGAS, R. (1993) Niveaux marins, chronologie isotopique et karstification en Republique Dominicaine. Karstología, 22, 2, 52-54.

LEWIS, J.F. (1980). Resume of the geology of Hispaniola. En Field guide to the 9th Caribbean Geological Conference, Santo Domingo, Dominican Republic. Santo Domingo, República Dominicana, Ed. Amigo del Hogar, 5-31.

LEWIS, J.F., DRAPER, G. (1990). Geology and tectonic evolution of the northern Caribbean margin. En DENG, G., CASE, J.E. (eds.). The Geology of North America, Volume H, The Caribbean region. Geological Society of America, Colorado, 77-140.

LLINÁS, R.A. (1972). Geología del área Polo-Duvergé, Cuenca de Enriquillo, República Dominicana. Tesis Profesional, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 83 pp.

MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F. (1991). An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola. En MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 1-28.

MANN, P., TAYLOR, F.W., BURKE, K., KULSTAD, R. (1984). Subaerially exposed Holocene coral reef; Enriquillo Valley, Dominican Republic. Geological Society of America Bulletin, 95, 1.084-1.092.

OBIOLS, A. y PERDOMO, R. (1966). Atlas de información básica existente y lineamientos para la planificación del Desarrollo integral de la RD. Guatemala.

PROINTEC (1999). Prevención de Riesgos geológicos (Riesgo sísmico). Programa SYSMIN, Proyecto D. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

PROINTEC (1999). Estudio de los depósitos de yesos de La Salina. Programa SYSMIN, Proyecto F. Dirección General de Minería, Santo Domingo.

TAYLOR, F.W., MANN, P., VALASTRO, S., BURKE, K. (1985). Stratigraphy and radiocarbon chronology of a subaerially exposed Holocene coral reef, Dominican Republic. *Journal of Geology*, 93, 311-332.

VAUGHAN, T.W., COOKE, W., CONDIT, D.D., ROSS, C.P., WOODRING, W.P., CALKINS, F.C. (1921). A Geological Reconaissance of the Dominican Republic. En Editora de Santo Domingo. Colección de Cultura Dominicana de la Sociedad Dominicana de Bibliófilos, Santo Domingo, 18 (1983), 268 pp.