



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

**MAPA GEOMORFOLÓGICO Y DE PROCESOS ACTIVOS
SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO
DE LA REPÚBLICA DOMINICANA**

ESCALA 1:100.000

SABANA BUEY

(6070)

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 1B, 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)
- Dr. Fernando Pérez Valera (INYPSA)

CARTOGRAFÍA DE PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

- Dr. Fernando Moreno (INYPSA)
- Dr. Fernando Pérez Valera (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.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Metodología | 1 |
| 1.2. Situación geográfica | 4 |
| 1.3. Marco geológico | 5 |
| 1.4. Antecedentes | 6 |
| 2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA | 9 |
| 3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO | 11 |
| 3.1. Estudio morfoestructural | 11 |
| <u>3.1.1. Formas estructurales</u> | <u>12</u> |
| 3.2. Estudio del modelado | 12 |
| <u>3.2.1. Formas fluviales y de escorrentía superficial</u> | <u>13</u> |
| <u>3.2.2. Formas eólicas</u> | <u>14</u> |
| <u>3.2.3. Formas lacustres y endorreicas</u> | <u>15</u> |
| <u>3.2.4. Formas marino-litorales</u> | <u>15</u> |
| <u>3.2.5. Formas poligénicas</u> | <u>15</u> |
| <u>3.2.6. Formas antrópicas</u> | <u>16</u> |
| 4. FORMACIONES SUPERFICIALES | 17 |
| 4.1. Formaciones fluviales y de escorrentía superficial | 17 |
| <u>4.1.1. Gravas, arenas y limos. Abanicos torrenciales (a, b y c). Pleistoceno-Holoceno</u> | <u>17</u> |
| <u>4.1.2. Arcillas y arenas con cantos. Llanura de inundación (d). Holoceno</u> | <u>18</u> |
| <u>4.1.3. Conglomerados y arenas. Zona con derrame de canal (e). Holoceno</u> | <u>18</u> |
| <u>4.1.4. Gravas, arenas y arcillas. Fondos de valle (f). Holoceno</u> | <u>18</u> |
| <u>4.1.5. Arenas, limos y gravas. Abanico fluvio-deltaico (g). Holoceno</u> | <u>19</u> |
| 4.2. Formaciones eólicas | 19 |
| <u>4.2.1. Arenas bioclásticas. Manto eólico y dunas parabólicas (h). Holoceno</u> | <u>19</u> |
| 4.3. Formas lacustres | 19 |
| <u>4.3.1. Limos y evaporitas. Laguna costera con salinización superficial (i). Holoceno</u> | <u>19</u> |
| <u>4.3.2. Arcillas negras con restos vegetales. Área pantanosa (j). Holoceno</u> | <u>20</u> |
| 4.4. Formaciones marinas-litorales | 20 |
| <u>4.4.1. Arenas y gravas bioclásticas con bloques de corales. Cordón litoral y playa (k). Holoceno</u> | <u>20</u> |
| <u>4.4.2. Arcillas y limos con restos vegetales. Marisma baja o manglar (l). Holoceno</u> | <u>20</u> |
| 4.5. Formaciones poligénicas | 20 |
| <u>4.5.1. Gravas, arenas y limos. Glacis de cobertera (m). Holoceno</u> | <u>20</u> |
| 4.6 Formaciones antrópicas | 21 |
| <u>4.6.1. Área fuertemente remodelada por el hombre</u> | <u>21</u> |
| 5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA | 22 |
| 6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO | 26 |
| 6.1. Actividad sísmica | 26 |

| | |
|--|----|
| 6.1.1. Tsunamis..... | 29 |
| 6.2. Tectónica activa | 30 |
| 6.3. Actividad asociada a procesos de erosión | 32 |
| 6.4. Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación | 32 |
| 6.5. Actividad antrópica..... | 33 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 35 |

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 del siglo pasado, 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. (INYPSA), 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)

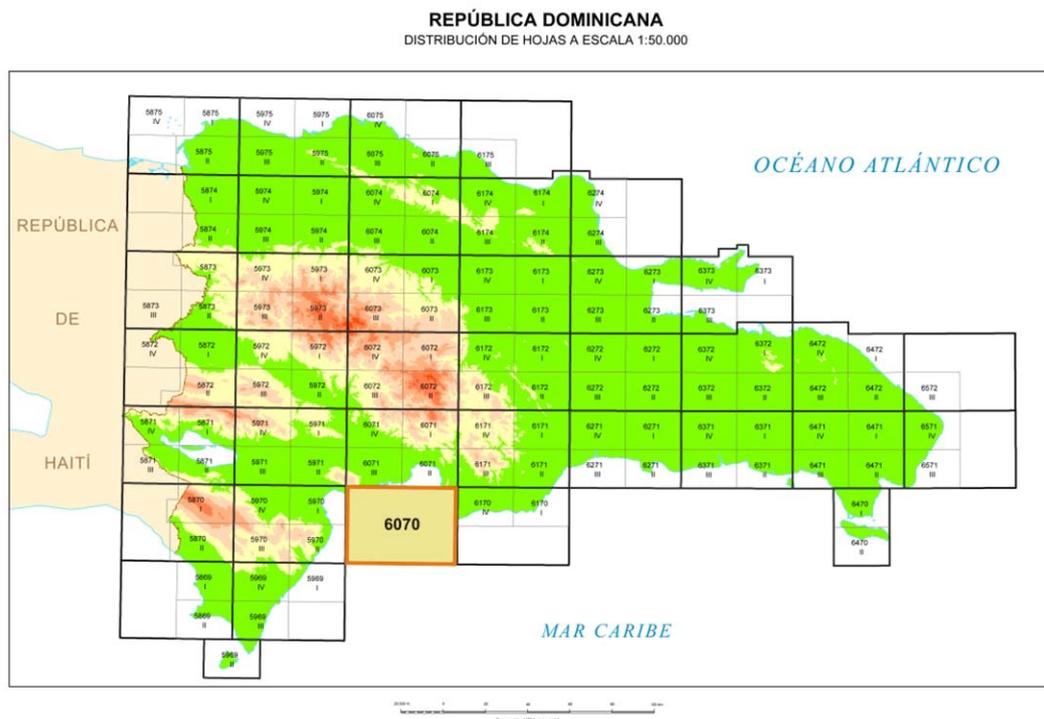


Fig.1 Distribución de Hojas a escala 1:100.000 de la República Dominicana y situación de la Hoja de Sabana Buey (6070)

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 alusiones a otras Hojas, en especial a la de Baní (6071).

Durante la realización de la Hoja Geomorfológica a escala 1:100.000 de Sabana Buey 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 numerosos 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 del cuadrante de Sabana Buey (6070). Tras la presente introducción, en la que se abordan brevemente la metodología seguida, la ubicación de la Hoja en los contextos regionales geográfico y geológico, y los antecedentes más relevantes, se detallan 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 y Evolución e historia geomorfológica y Procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico).

1.2. Situación geográfica

La hoja a escala 1:100.000 de Sabana Buey (6070) se encuentra situada en la costa meridional de la República Dominicana (Fig.2), y más concretamente, en el ámbito de la bahía de Ocoa. Incluye pequeñas porciones de las provincias: de Barahona, en el extremo occidental y de Azúa y Péravia en el oriental.

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

- El sector occidental corresponde al extremo meridional la sierra de Martín García, donde ésta finaliza configurando un promontorio costero de elevados acantilados que separa las bahías de Neiba y de Ocoa.

- El sector oriental pertenece al extremo meridional de la Cordillera Central, que presenta un relieve más moderado que el anterior.
- Entre ambos sectores se localiza la amplia bahía de Ocoa y una reducida porción de la llanura de Azúa, situada en esta hoja al pie de la primera sierra.

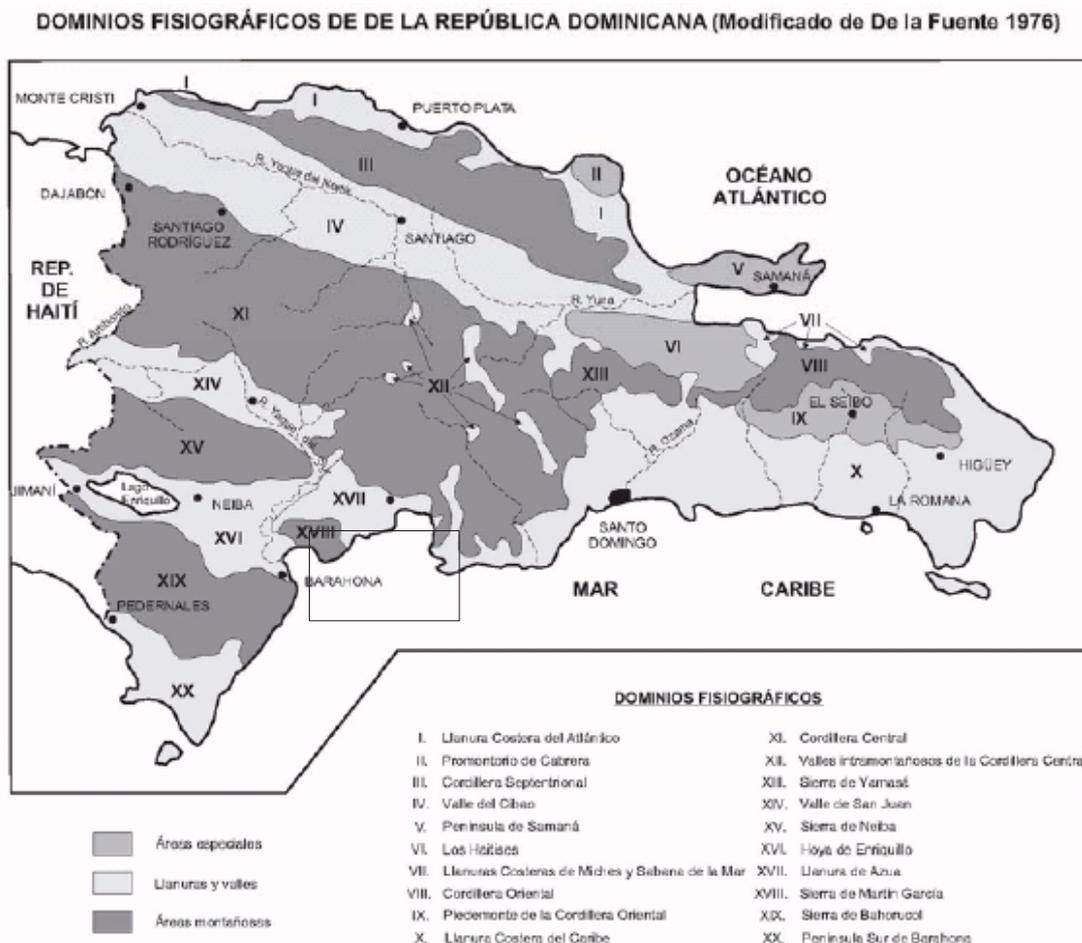


Fig 2. Dominios fisiográficos de la República Dominicana

1.3. Marco geológico

En el ámbito de la hoja de Sabana Buey aparecen netamente diferenciados los materiales paleógeno-miocenos de las sierras y los plio-cuaternarios de la depresión de Azúa, con materiales holocenos que aparecen tanto en las sierras como, más extensamente, en la depresión.

La sierra de Martín García está constituida fundamentalmente por una potente serie integrada por materiales carbonatados paleógenos y miocenos de ambientes marinos de plataforma y llanura submarina, desconociéndose su sustrato. Se estructura como

un antiforme de doble vergencia: hacia el sur en el sector meridional y hacia el norte en el septentrional, cabalgando sobre la cuenca de Ázua. La reducida extensión de esta sierra está integrada por un monótono conjunto de calizas tableadas con sílex pertenecientes a la Fm. Neiba. Sobre él se dispone un conjunto carbonatado mioceno, atribuido a la Fm. Sombrerito, pero que por su aspecto sensiblemente diferente al de su área tipo, ha sido denominado Mb Barahona (de la Fm Sombrerito). Tanto los materiales paleógenos como los miopliocenos se encuentran intensamente deformados mediante pliegues y fracturas de orientación NO-SE principalmente

La Cordillera Central presenta en este entorno pliegues apretados y una familia de fallas inversas con trazado sinuoso y una dirección promedio N-S, que repiten la serie paleógena sucesivas veces, con vergencias dominantes al oeste. En la configuración de la estructura también ha intervenido una familia de fallas direccionales, con dirección NE-SO y componente de movimiento vertical importante. Se trata de fallas neotectónicas o con actividad reciente, puesto que afectan de manera importante a diversos conos de deyección contiguos a la costa de la bahía de Ocoa. Por otra parte, la desembocadura del río Ocoa debe coincidir con un importante accidente (E-O), también de actividad reciente, que ha provocado la ubicación actual de dicha desembocadura y el desplazamiento lateral derecho del haz de fallas con el que se estructuró el conjunto paleógeno.

Pese a 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 Neiba y Martín García transformó la extensa cuenca paleógeno-miocena, que abarcaría al menos el actual sector meridional de La Española, en el sistema de cuencas estrechas observables hoy día: San Juan, Enriquillo y Azua, cuyo relleno se llevó a cabo mediante potentes series eminentemente detríticas que evolucionarían desde ambientes marinos hasta un régimen continental.

1.4. Antecedentes

Al igual que en resto del territorio dominicano, son escasas las referencias de índole geomorfológica que afectan a la hoja de Sabana Buey, ya que la mayor parte de los estudios son geográficos o geológicos, o bien se trata de trabajos de carácter muy específico. En cualquier caso, la nitidez y personalidad de los grandes dominios

fisiográficos hacen que exista una unanimidad prácticamente total a la hora de su delimitación y denominación.

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 y desde un punto de vista geomorfológico, el trabajo de mayor interés es el libro Geografía Dominicana (De la Fuente, 1976), que además de aportar una abundante cantidad de datos geográficos e ilustraciones, apunta numerosas consideraciones de orden geomorfológico, que 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. El extremo oriental de dicha estructura no es bien conocido. De prolongarse por el norte de la Sierra de Martín García, continuaría en la llanura de Azúa.

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), que además aportaron datos cronológicos relativos a las construcciones biogénicas de la bahía de Neiba y del lago Enriquillo. Estas son las únicas dataciones existentes en el sur de La Española, a las cuales se hace referencia más adelante en relación con la tectónica reciente del área.

Aunque fuera de esta hoja, el trabajo de Díaz del Olmo, F. y Cámara Artigas, R. (1993) constituye una aportación importante para el estudio de la evolución reciente de La Española, puesto que trata sobre las plataformas arrecifales y terrazas marinas del sector de La Isabela, con dataciones U/Th realizadas sobre carbonatos.

Entre los trabajos más recientes es preciso señalar dos de los elaborados dentro del Proyecto SYSMIN. Por una parte, aunque efectuado con fines socioeconómicos, el relativo a la explotación de yeso en la loma de Sal y yeso (Prointec, 1999) de La Salina. Por otra, el desarrollado en una región cercana en relación con el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana (Díaz de Neira, 2000; Gómez, 2000), en el que junto con la realización de la cartografía geológica a escala 1:50.000, se aportan numerosos datos de tipo petrológico, estratigráfico y estructural, además de una cartografía geomorfológica y de riesgos a escala 1:100.000.

Las últimas aportaciones derivadas del Proyecto SYSMIN y directamente relacionadas con la evolución geomorfológica son las de Díaz de Neira, J. A., y Hernaiz, P.P. (2004), Díaz de Neira, J. A. *et al.* (2007) y Abad, M., *et al.* (2008). Las dos primeras se centran sobre la Cordillera Central y el entorno de la depresión de Enriquillo, respectivamente, y la última realiza una comparación y análisis de las paleoplayas y terrazas marinas en la península de Batoruco y en la región de La Isabela.

2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La fisiografía de la hoja de Sabana Buey (Fig. 3) coincide plenamente con su estructura geológica. Al oeste, la sierra de Martín García, en el centro, la bahía de Ocoa y la llanura de Azúa, - de la cual solo una pequeña parte queda comprendida dentro de la hoja -, y al este, las estribaciones más meridionales de la Cordillera Central.

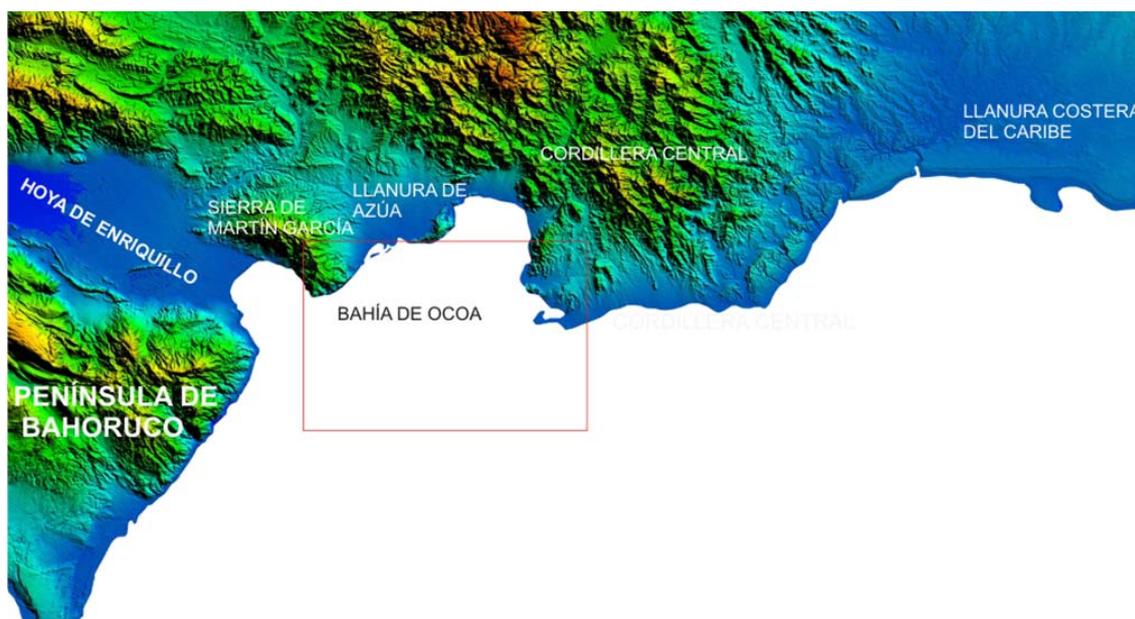


Fig. 3 Modelo digital del terreno en el entorno de la bahía de Ocoa, donde destacan con claridad las unidades morfoestructurales de la región.

La sierra de Martín García puede considerarse como el extremo oriental de la sierra de Neiba, de la que se encuentra separada por el valle del río Yaque del Sur. Pese a sus reducidas dimensiones y su menor elevación con respecto a la mayoría de las sierras de La Española, se alza de forma brusca al noreste de la bahía de Neiba. En Loma del Aguacate alcanza la cota máxima de la hoja, con 1020 m, a tan solo 5 km de la mencionada bahía, lo que da idea del pronunciado relieve de este sector, especialmente patente por los pronunciados acantilados existentes en la costa.

En dicha sierra, la red hidrográfica presenta forma dendrítica con fuerte encajamiento y drenaje hacia el suroeste, donde se localiza la bahía de Neiba, y hacia el noreste donde se ubica la llanura de Azúa. En las culminaciones de los interfluvios de esta red se pueden identificar plataformas correspondientes a restos de superficies de erosión

degradadas, que por su proximidad a la costa pudieron formarse por abrasión marina. Por la importante actividad neotectónica del área no se ha podido establecer su número ni continuidad.

El sector oriental de la hoja, ocupado por las estribaciones de la Cordillera Central, presenta un relieve menos acentuado que el anterior, con una cota máxima de 500 m, que además es atravesado por el tramo final del río Ocoa, que en este sector fluye de este a oeste. Este río presenta una extensa llanura de inundación y un sistema de abanicos, desnivelados por la neotectónica del área. En el extremo meridional de la hoja la deriva litoral ha desarrollado un importante cordón litoral cubierto por un campo de dunas.

En relación con la climatología se aprecian variaciones sustanciales con respecto al clima tropical típico. En el ámbito de la Sierra de Martín García, las temperaturas medias se sitúan entre 26 y 28 °C, con máximas medias de 30-32 °C y mínimas medias de 21-24 °C. En cuanto a la precipitación, se sitúa por debajo de los 600 y 700 mm anuales. Estos valores varían en el área más levada de la sierra mencionada, donde la temperatura media se sitúa en 24°C y un ligero aumento de las precipitaciones. En el sector occidental los valores de temperatura son similares a los anteriores, si bien las precipitaciones medias son ligeramente superiores, alcanzando valores comprendidos entre 800 y 900 mm/año. Muy inferiores a los típicos de una zona tropical.

A lo anterior hay que añadir las importantes alteraciones debidas a los huracanes, principalmente concentrados entre septiembre y octubre. También se aprecian ligeras variaciones de carácter estacional, en las que son algo más acusadas las oscilaciones diarias.

La vegetación varía notablemente según los dominios. Así, en el ámbito de las sierras predominan los bosques, en contraste con la pobre vegetación de las depresiones, debido a la escasez de lluvias, siendo típicas las plantas de tipo espinoso.

La población se encuentra muy desigualmente repartida, con áreas prácticamente deshabitadas, como la sierra de Martín García. En su mayor parte se concentra en el sector oriental, donde se ubica Sabana Buey. Las actividades más extendidas son las agrícolas y ganaderas, localizadas en la Llanura de Ázua y en el entorno de Sabana Buey.

3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

El análisis morfológico puede abordarse desde dos puntos de vista: morfoestructural y morfogenético. En el primero se analiza el relieve como una consecuencia del sustrato geológico (litología y estructura). En el segundo se describen las formas del relieve como resultados de la actuación de los procesos externos, agrupándolas según el tipo de proceso (morfogénesis). Los depósitos que acompaña a algunas de estas formas (formaciones superficiales), se describen en el capítulo 4.

3.1. Estudio morfoestructural

Como ya se ha señalado, los relieves principales de la hoja corresponden a los respectivos extremos meridionales de las sierras de Martín García y de la Cordillera Central. Entre ambos configuran los dos promontorios costeros que delimitan la bahía de Ocoa y la Llanura de Azua situada al norte de la misma. En definitiva se trata de tres dominios morfoestructurales con las características que se describen a continuación.

El primer dominio, correspondiente a la sierra de Martín García, es una antiformal de doble vergencia entre la bahía de Neiba y la Llanura de Azua, en el que la abrasión marina creó plataformas de abrasión, o terrazas marinas, de forma simultánea a su ascenso paulatino. Dicho levantamiento ha debido estar articulado por diversas fracturas, de forma que hoy no es posible establecer el número de aquellas, ni sus alturas relativas. Aún en tiempos recientes (Holoceno) se detecta la actividad de dos importantes fracturas que desnivelan los abanicos y conos de deyección, en límite de dicha sierra con la Llanura de Azua.

Las estribaciones de la Cordillera Central (segundo dominio) se caracterizan por la presencia de un plegamiento apretado e imbricaciones sucesivas de la serie, a través de diversas fallas inversas, con dirección submeridiana. Esta estructuración original se ve alterada por los movimientos recientes producidos en fallas con dirección E-O a OSO-ENE, las cuales desnivelan o compartimentan los extensos abanicos del área y han debido participar en la ubicación actual del tramo final y de la desembocadura del río Ocoa. Al igual que en el caso anterior, las superficies de erosión no alcanzan la continuidad ni expresión necesarias para su identificación dentro de este dominio, y mucho menos para su correlación con el dominio anterior.

El tercer dominio corresponde a la Llanura de Azua, de la que en esta hoja solo queda incluido su sector más meridional y contiguo a la sierra de Martín García. Esta extensa plataforma aparece como un rampa, con suave pendiente hacia el mar, cubierta por dos generaciones o episodios de abanicos, de las cuales la más reciente aparece encajada y superpuesta en la anterior. La incisión fluvial actual ya ha iniciado su encajamiento en los abanicos más recientes, los cuales también se encuentran afectados por una falla con actividad holocena y dirección N-S.

3.1.1. Formas estructurales

Las formas estructurales se encuentran diseminadas por todo el ámbito de la hoja, y en especial en los dos dominios morfoestructurales correspondientes a las sierras ya mencionadas.

Las fallas y fallas supuestas identificadas presentan direcciones variables: N-S en la sierra de Martín García y E-O a OSO-ENE en el dominio oriental de la hoja. No obstante, predominan las fallas con indicación de bloque hundido identificadas en los abanicos de ambas áreas. En el dominio oriental, tan solo se ha representado en el mapa geomorfológico una de las fallas inversas de todas las identificadas en la cartografía geológica a escala 1:50.000, por ser la que presenta una clara expresión geomorfológica, al coincidir con la incisión de un pequeño cauce tributario del río Ocoa. En la Sierra de Martín García también se han representado dos alineaciones morfológicas con control estructural.

Entre las formas debidas a plegamiento sólo son reseñables los escarpes estructurales en capas monoclinales y las crestas en capas subverticales, más numerosos en la mitad septentrional del dominio oriental.

3.2. Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre morfoestructuras tan contrastadas como las de la sierra Martín García y la Cordillera Central por una parte, y la Llanura de Azua, por otra, tiene como resultado una expresión sensiblemente diferente. Así, el modelado de las sierras es el producto de una larga evolución presidida por los procesos sedimentarios y tectónicos acaecidos principalmente desde el Mioceno a la actualidad, generadores de un relieve positivo sobre el que han actuado diversos agentes morfogenéticos encaminados a su destrucción, destacando los de carácter

fluvial. La reducida extensión del área de estudio, con un predominio de las formas mencionadas, junto con las elevadas pendientes del sector occidental, no han propiciado el desarrollo de formas gravitacionales representables a esta escala de trabajo.

3.2.1. Formas fluviales y de escorrentía superficial

Entre las **formas fluviales debidas a erosión**, la incisión fluvial aparece más desarrollada en el sector occidental, por el importante relieve del mismo y donde ha generado diversas y pequeñas redes de drenaje con desarrollo dendrítico, que en un caso presenta un rápido, coincidiendo con un cambio brusco de la pendiente del cauce. En el sector oriental, cuando dichas líneas alcanzan la llanura de inundación del río Ocoa finalizan como pérdidas de drenaje. Sobre ésta, en ocasiones se detectan líneas de arroyada en regueros cambiantes. El río mencionado, que discurre levemente encajado en su llanura de inundación, presenta erosión lateral en la base del pequeño escarpe de dicha llanura.

En los interfluvios se han identificado cárcavas puntuales y una pequeña cabecera de cárcavas en la sierra de Martín García, junto con diversas aristas de interfluvio, más frecuentes en las estribaciones de la Cordillera Central.

En lo referente a las **formas de depósito** destacan los abanicos torrenciales, en especial en el sector oriental, donde pueden distinguirse hasta tres generaciones de abanicos con encajamiento entre cada una. En la Llanura de Azua aparecen dos generaciones, de forma que la segunda y más reciente, en la mayor parte de los casos, aparece superpuesta sobre la primera. En el sector oriental las dos generaciones de abanicos más antiguas aparecen compartimentadas y desniveladas por fallas con actividad reciente, que han dado lugar a la creación de un relieve o umbral con dirección E-O, y de un *semigraben* situado al norte del mismo, por el cual se ha canalizado el río Ocoa cerca de su desembocadura en el mar del Caribe. En consecuencia la morfología original de estos potentes abanicos ha quedado completamente alterada por la neotectónica y la creación simultánea de nuevas vertientes sobre los cuerpos sedimentarios anteriores.

La segunda generación de abanicos presenta mayor continuidad en sus afloramientos que la anterior, lo que ha permitido cierto control en la identificación de las fallas con actividad reciente, que desnivelan dicha formación y han generado el graben y umbral

mencionados. En los apartados dedicados a la Evolución Geomorfológica y a la Actividad Neotectónica se describen dichas estructuras y su relación con los abanicos.

En la Llanura de Azua, abanicos equivalentes a estos se localizan en el borde suroccidental de misma, jalando el escarpe montañoso de la sierra de Martín García, donde no presentan alteraciones tectónicas comparables.

En el sector oriental los abanicos recientes y todavía funcionales presentan un desarrollo reducido y sus extremos distales enlazan con la llanura de inundación del río Ocoa, o bien con la línea de costa. Por el contrario, en la Llanura de Azua tapizan la mayor parte de la misma, por lo que ocupan una extensa superficie que con suave pendiente llega a enlazar con el cordón litoral.

El río Ocoa presenta una importante llanura de inundación que se prolonga hasta su desembocadura, con una pendiente de cierta importancia, puesto que a lo largo de los 8 km de su recorrido en esta hoja desciende unos 80 m. Ello provoca avenidas de aguas turbulentas con importante erosión lateral en la base de las laderas del valle. Levemente encajado sobre la misma se extiende un amplio lecho menor que tiene su continuidad en los fondos de valle situados en su margen derecha. En la sierra de Martín García los fondos de valle enlazan con los ápices de los abanicos más recientes y todavía funcionales, desde donde se prolongan con un leve encajamiento sobre dichos abanicos. En el borde oriental de la hoja, la llanura de inundación enlaza con un área de derrame de canal, que se prolonga en la hoja contigua hacia el este. En la desembocadura de dicho río se ha desarrollado un abanico fluvio-deltaico, que genera un promontorio costero en la bahía de Ocoa.

3.2.2. Formas eólicas

Aunque con un desarrollo importante, quedan restringidas al sector suroriental de la hoja, donde cubren un amplio cordón litoral generado por la deriva litoral dirigida de este a oeste. Los vientos dominantes que han propiciado dicha deriva también han creado el extenso manto eólico y diversas dunas parabólicas, cuyos brazos llegan a alcanzar una longitud de medio kilómetro, señalando aportes en sentido ESE-ONO.

3.2.3. Formas lacustres y endorreicas

Se sitúan en las inmediaciones de las formas eólicas descritas, donde se encuentra una pequeña zona pantanosa, que se prolonga en la hoja contigua, entre los depósitos eólicos y un glacis de cobertera. Otra área pantanosa se ubica en un fondo de valle que coincide con la traza de una falla con actividad reciente. Por otro lado se dan diversas lagunas costeras con salinización superficial, que quedan separadas del mar abierto por las estrechas marismas de la bahía Las Calderas.

3.2.4. Formas marino-litorales

Quedan restringidas a dos sectores costeros localizados en el encuentro de la Llanura de Azua con el mar y en el extremo oriental de la hoja.

Destaca el cordón litoral, que se extiende a lo largo de siete kilómetros en el extremo suroriental de la hoja, aunque en su mayor parte aparece cubierto por depósitos eólicos. Dicho cordón penetra en la bahía de Ocoa varios kilómetros hacia el este, como resultado de la deriva litoral que se produce en el mismo sentido. En la costa occidental de la bahía de Ocoa y en los islotes que la jalonan, los cordones litorales presenta un desarrollo mucho menor que el anterior. Dichos islotes han creado un pequeño mar interior que aparece bordeado por estrechas marismas bajas colonizadas por manglares.

La costa acantilada solo aparece en la costa de la sierra de Martín García, donde abarca la mayor parte de la misma, con acantilados que superan 100 m de altura en la Punta de Martín García, desde donde dicho eskarpe disminuye de forma paulatina a ambos lados de dicho accidente geográfico.

3.2.5. 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 superficies de erosión degradadas y diversos glacis con distinta tipología.

En la sierra de Martín García los restos de superficies de erosión degradadas presentan pequeña extensión y cotas muy variables, sin que existan criterios concluyentes para determinar si se trata de varias superficies o tan sólo de una

trastocada posteriormente por el juego de bloques de la sierra. No obstante, podrían haberse generado dos superficies principales, la inferior y más cercana a la costa se situaría en torno a los 300 m s.n.m.m., y la superior podría corresponder a posibles aplanamientos localizados a cotas comprendidas entre 600 y 700 m. En los relieves del lado oriental de la bahía solo se ha identificado un posible resto de superficie de erosión degradada, a unos 120 m s.n.m.

Los glacis de erosión aparecen en el lado oriental de la bahía, como formas erosivas que han remodelado abanicos fluviales antiguos. Estos glacis aparecen con morfologías de pendientes regularizadas de perfil cóncavo, que descienden desde los cerros de Los Amargos y de Las Lanchas hacia el valle actual del río Ocoa, situado al norte de los mismos, y hacia el mar del Caribe, en el lado contrario. Previamente o de forma simultánea, dichos abanicos fueron compartimentados y desnivelados por diversas fallas con actividad reciente, tal como ya se ha mencionado. Estos movimientos han condicionado la ubicación actual de la desembocadura de dicho río, cuyo tramo final se ha encauzado a lo largo de un *semigraben* con dirección aproximada E-O. Paralelamente, los abanicos experimentaron cambios importantes de su pendiente original, en descenso constante hacia la costa meridional de este sector. Cambios que dieron lugar a la formación de un umbral y un graderío (borde tectónico del *semigraben*) que desciende hasta el lecho actual del río Ocoa. La actividad más reciente de las mismas fracturas se puede detectar como líneas o pequeños escalones en los glacis erosivos. Por otra parte es muy posible que el modelado reciente de estos glacis erosivos haya borrado algunas de las fracturas intervinientes en este proceso, que será tratado con mayor extensión en el apartado dedicado a la Tectónica activa (ver Fig. 4).

En la reducida extensión del área de estudio, los glacis de cobertera y glacis de cobertera degradados, aparecen como dos rampas de baja pendiente que enlazan los moderados relieves próximos a la costa con un abanico torrencial actual y con una laguna costera, respectivamente.

3.2.6. Formas antrópicas

La única actividad antrópica destacable del área se localiza sobre el cordón litoral antes descrito, donde se ha realizado un movimiento de tierras, representado como área fuertemente remodelada por el hombre.

4. FORMACIONES SUPERFICIALES

Se consideran como tales todas aquéllas formas con depósito, consolidado o no, relacionadas con el modelado del relieve actual y susceptibles de ser cartografiables, definiéndose por una serie de atributos como geometría, tamaño, génesis, litología, textura, potencia, y cronología. Los tres primeros han sido tratados en el estudio del modelado, abordándose a continuación los aspectos relacionados con litología, potencia y cronología. El único dato referente a ésta última, corresponde a las construcciones biogénicas, asignadas al Pleistoceno en la hoja contigua de Barahona (Taylor *et al*, 1985); no obstante, su datación en torno al lago Enriquillo entre -10.000 y -5.000 años, constituye una referencia válida para asignar al Holoceno la mayoría formaciones superficiales.

4.1. Formaciones fluviales y de escorrentía superficial

4.1.1. Gravas, arenas y limos. Abanicos torrenciales (a, b y c). Pleistoceno-Holoceno

Como ya se ha mencionado, en el sector oriental de la hoja (estribaciones de la Cordillera Central) se han desarrollado tres generaciones de abanicos, en tanto que en el sector occidental (Llanura de Azua) se identifican tan solo las dos más recientes de las tres anteriores. En el sector oriental y al sur del río Ocoa, los retazos dejados por la erosión en los abanicos más antiguos (a) forman escarpes que permiten observar su litología y espesor. Son conglomerados con matriz arenosa y cantos de hasta 40 cm de diámetro, de tonalitas, rocas vulcanoclásticas, grauvacas y calizas. En su mayoría, dichos componentes proceden de la formación Ocoa, de carácter turbidítico y en la que los mismos materiales aparecen ya como clastos u olistolitos, lo que implica dos etapas de transporte y retrabajamiento. El espesor de dicha formación alcanza 12 m en las inmediaciones del cerro de Las Lanchas.

La segunda generación de abanicos (b) está constituida por paleocanales superpuestos de conglomerados con cantos de tonalitas, basaltos, calizas y dolomías y matriz arenosa con escasa o nula cementación. En su base el sustrato aparece sin alteración. Su espesor oscila entre 6 y 8 m. en las inmediaciones de la costa, aunque puede variar notablemente dada la erosión y remodelado posterior de estos materiales después de su compartimentación y movimientos en la vertical producidos por las fallas mencionadas más arriba. En la Llanura de Azua, abanicos equivalentes a estos,

aparecen constituidos por gravas de cantos de calizas, y excepcionalmente de sílex, procedentes de las Formaciones Neiba y Sombrerito, con una matriz arcillo-arenosa. Su espesor puede alcanzar la decena de metros.

Los abanicos recientes (c) y todavía funcionales aparecen constituidos por arenas y gravas polimícticas bien redondeadas, con cantos de calizas, dolomías, rocas volcánicas y sílex de hasta 10 cm de diámetro. Su espesor es variable, pudiendo alcanzar varios metros en la Llanura de Azua.

En lo referente a las edades, los abanicos recientes corresponden al Holoceno, los de la segunda generación podrían alcanzar el límite Pleistoceno-Holoceno, y los más antiguos quedarían enteramente comprendidos en el Pleistoceno.

4.1.2. Arcillas y arenas con cantos. Llanura de inundación (d). Holoceno

No se han observado cortes o excavaciones en la extensa llanura de inundación del río Ocoa, tan solo algunos de los reducidos escarpes del lecho menor de este río muestran un material formado por gravas de cantos de calizas, dolomías y rocas volcánicas, en el seno de una matriz arenosa con la misma composición. Su espesor puede estimarse en dos o tres metros.

4.1.3. Conglomerados y arenas. Zona con derrame de canal (e). Holoceno

Solo presentan un reducido afloramiento en el límite oriental de la hoja, desde donde se prolongan en la hoja contigua. Es una formación similar o equivalente a la llanura de inundación descrita, de la que solo puede diferenciarse mediante fotointerpretación, por la presencia de surcos o líneas a arroyada que surgen y divergen desde el lecho menor. En consecuencia, su litología y espesor son similares a los ya descritos.

4.1.4. Gravas, arenas y arcillas. Fondos de valle (f). Holoceno

Los fondos de valle del sector oriental de la hoja se continúan en el lecho menor del río Ocoa o bien enlazan con la llanura de inundación del mismo río. En el sector occidental ocupan algunos valles de la sierra de Martín García y a la salida de los mismo se prolongan sobre los abanicos torrenciales recientes y ocasionalmente todavía funcionales. Están constituidos por gravas de cantos calizos - junto con rocas volcánicas en el sector oriental y sílex en el entorno de la sierra de Martín García - en

una matriz arenosa. El tamaño de los cantos varía notablemente, predominado diámetros de 10 a 20 cm. Su potencia oscila entre 2 y 5 m.

4.1.5. Arenas, limos y gravas. Abanico fluvio-deltaico (g). Holoceno

Coincidiendo con la desembocadura del río Ocoa se ha identificado un abanico fluvio-deltaico que penetra un kilómetro en la bahía. No obstante la mayor parte de este promontorio costero aparece cubierto por la prolongación de lo que se ha designado como llanura de inundación, dándose una continuidad entre ambas formaciones, diferenciables más por la fotointerpretación que por observación sobre el terreno. Por ello, su litología es similar a la descrita para la llanura de inundación, si bien su espesor puede superar el de ésta.

4.2. Formaciones eólicas

4.2.1. Arenas bioclásticas. Manto eólico y dunas parabólicas (h). Holoceno

Esta formación se localiza exclusivamente sobre el cordón litoral del extremo oriental de la hoja, donde es el resultado de la deflación y retrabajamiento de aquel, por lo que aparece constituida por arenas en las que predominan los componentes bioclásticos, con una pequeña fracción de origen volcánico. El espesor del manto eólico oscila entre uno y dos metros. En las grandes dunas parabólicas el espesor total del depósito supera la decena de metros.

4.3. Formas lacustres

4.3.1. Limos y evaporitas. Laguna costera con salinización superficial (i). Holoceno

En el fondo de la ensenada, o puerto natural creado por el cordón litoral, se extiende una extensa planicie separada del mar por una estrecha marisma o manglar. Con extensión menor aparecen otras dos lagunas con las mismas características al noroeste y al oeste de la anterior. No existen cortes o excavaciones que permitan la observación de dicha formación, la cual aparece tapizada por limos ocres, que deben corresponder a facies de decantación de los aportes esporádicos procedentes de los glaciares y de un abanico actual que enlazan con la misma. Las eflorescencias salinas tiene su origen en las también esporádicas entradas del mar durante episodios de tormenta. El espesor de esta formación solo puede estimarse en uno o dos metros.

4.3.2. Arcillas negras con restos vegetales. Área pantanosa (j). Holoceno

Las áreas pantanosas solo ocupan dos pequeños recintos, uno coincidiendo con un fondo de valle que enlaza con la llanura de inundación del río Ocoa y otro junto a la laguna que se acaba de describir. No existen afloramientos que permitan observar su litología en profundidad. En superficie aparece como una arcilla o fango de color negro, debido a la acumulación de materia orgánica. Su espesor podrá alcanzar 2 o 3 m.

4.4. Formaciones marinas-litorales

4.4.1. Arenas y gravas bioclásticas con bloques de corales. Cordón litoral y playa (k). Holoceno

Como resultado del oleaje durante las tormentas, no se produce una separación clara entre la playa y su trasplaya, o área correspondiente al cordón litoral, por lo que ambas formas se integran en una única formación superficial. Ésta aparece constituida por arenas bioclásticas, con cantos y bloques de corales. Su espesor puede estimarse en unos pocos metros.

4.4.2. Arcillas y limos con restos vegetales. Marisma baja o manglar (l). Holoceno

En el sector occidental, donde un cordón litoral ha creado un pequeño mar interior, la marisma baja bordea dicho cordón. En el sector oriental la marisma es una estrecha banda que separa el mar de la laguna con salinización superficial situada en el fondo de la bahía de Las Calderas. Esta formación aparece constituida por material fino o limo-arcilloso de color pardo oscuro, con abundantes restos vegetales derivados de su colonización por el manglar. Su espesor debe corresponder a uno o dos metros.

4.5. Formaciones poligénicas

4.5.1. Gravas, arenas y limos. Glacis de cobertera (m). Holoceno

Esta formación sólo se desarrolla en el sector costero del límite oriental de la hoja, donde aparecen como superficies de depósito que llegan a enlazar con las lagunas litorales de la línea de costa. Están constituidos por gravas o conglomerados de cementación variables, en las que predominan los cantos de calizas y dolomías sobre

los de rocas volcánicas y volcanoclásticas, bien redondeados y soportados en una matriz limo-arenosa. Dichos componentes han derivado de la formación Ocoa, de origen turbidítico y también de los abanicos antiguos, por lo que con la génesis de esta formación habrían experimentado su tercer proceso transporte y retrabajamiento, aunque en este caso menos prolongado que los anteriores. Esta formación alcanza 3 m de espesor en las inmediaciones de la costa, pero que puede ser mayor hacia el interior.

4.6 Formaciones antrópicas

4.6.1. Área fuertemente remodelada por el hombre

Se sitúa junto a la bahía de la Calderas, donde se han realizado movimientos de tierras en torno a la laguna delimitada por el cordón litoral.

5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

El relieve actual y los dominios morfoestructurales del área son el resultado de la deformación y emersión de la cuenca marina en la que se generaron las diferentes unidades y formaciones del Paleógeno y el Mioceno. Desde el Mioceno hasta la actualidad, en un régimen transpresivo, se produjo la formación y distribución de las cordilleras y depresiones existentes (sierras de Neiba, Martín García, Bahoruco y cordillera Central y cuencas de Enriquillo, Azua y Llanura Costera del Caribe). En el Cuaternario, el mismo régimen tectónico anterior produjo la deformación del relleno cuaternario de las cuencas.

La emersión paulatina de la sierras fue acompañada de la elaboración de diversas superficies de erosión, que en otros sectores todavía se conservan con gran continuidad regional, como ocurre en la vertiente meridional de la sierra de Bahoruco, pero que en este área de trabajo se han visto fuertemente alteradas por movimientos posteriores y por la desaparición de la mayor parte de las mismas, debido a la elevada tasa de erosión producida por la incisión de la red fluvial.

El encajamiento y desarrollo de la red de drenaje ha generado importantes volúmenes de materiales depositados en varios sistemas o generaciones de abanicos torrenciales, que hoy cubren la Llanura de Azua y lo que fue el piedemonte de las estribaciones más meridionales de la Cordillera Central, junto a la línea de costa del mar del Caribe. En éste área de trabajo dicho piedemonte se ha visto fuertemente alterado por la tectónica activa posterior a los dos sistemas de abanicos más antiguos, tal como se describe a continuación.

En el sector occidental de la hoja los abanicos que cubre la Llanura de Azua están afectados por una falla con dirección N-S a NE-SO, aunque su salto vertical no parece ser importante. En el interior de la sierra de Martín García la ausencia de sedimentos recientes no permite identificar ni cuantificar movimientos recientes, que sólo son deducibles de la falta de continuidad entre diversas plataformas o posibles restos de superficies de erosión.

En el sector oriental, durante el Pleistoceno superior, el río Ocoa desembocaba dos kilómetros al este del límite de la hoja, donde sus abanicos provocaron un avance hacia el sur de la línea de costa de la hoja contigua (Baní), cuyo trazado rectilíneo solo

se ve alterado por los aportes de materiales en las desembocaduras de diversos cursos fluviales.

Tal como se deduce de la cartografía de los abanicos antiguos, en la hoja contigua, el río Ocoa seguía un trazado rectilíneo (N-S) hasta la desembocadura mencionada. Ya en el Holoceno, dicho trazado se vio fuertemente alterado por la actuación de dos familias de fallas con direcciones NE-SO y E-O (Fig 4). Estas generaron un *semigraben*, con dirección E-O, por el que se canalizó el tramo final del mencionado río hasta desembocar en la bahía de Ocoa.

En el bloque septentrional de dicha fosa tectónica los abanicos parecen conservar su pendiente original, mientras que en el bloque meridional aparecen elevados y compartimentados. Es en este borde meridional del *graben* donde los abanicos de la segunda generación - más extensos o mejor conservados que los de la primera – han sido afectados por un pequeño graderío tectónico, en descenso hacia el cauce actual. De forma simultánea la mayor parte de dicho graderío ha experimentado una regularización o modelado reciente, adquiriendo una morfología de glacis de vertiente o laderas regularizadas que enlazan con el nuevo valle del río Ocoa.

En definitiva, en el bloque meridional del mencionado graben la morfología actual de dichos abanicos no se corresponde con la original, puesto que ésta ha sido alterada de forma importante por la tectónica activa y los procesos gravitacionales y de arroyada, que han remodelado el nuevo relieve. Dicho modelado ha provocado el enmascaramiento parcial de las fallas mencionadas, aunque algunas son todavía detectables mediante fotointerpretación. Cerca de la desembocadura actual del Ocoa, en su margen izquierda, una de ellas parece presentar actividad actual, puesto que coincide con un escalón de varios metros que interrumpe el perfil de la ladera recientemente regularizada.

Después de la captura o giro de 90⁰ experimentado por el río Ocoa, éste ha desarrollado su extensa llanura de inundación, en cuya margen derecha se ha producido la regularización de la incisión fluvial y de los fondos de valle con dicha llanura, que han acentuado su encajamiento bajo los abanicos antiguos, creándose otros abanicos actuales de pequeño tamaño. En la margen izquierda, la vertiente meridional - que desciende hacia la costa - del umbral de nueva creación, presenta los abanicos antiguos igualmente colgados sobre los cauces y abanicos actuales, así

como sobre diversos glacis de cobertera que enlazan con la actual línea de costa, en relación con la cual se está produciendo la regularización de esta nueva vertiente.

En el apartado dedicado a la Tectónica activa se vuelve a tratar este tema con más extensión.

En la hoja contigua por el este (Baní), la deriva litoral ha remodelado el promontorio costero creado por la antigua desembocadura del Ocoa, a la par que ha creado un amplio cordón litoral que se prolonga hacia el oeste, ya dentro de esta hoja.

El giro del río Ocoa hacia el oeste presenta fuertes similitudes con el experimentado por el río Yaque del Sur, que durante el Holoceno medio (Taylor *et al.* 1985) abandonó su antigua desembocadura en la línea costera de la Llanura de Azua, para discurrir entre las sierras de Neiba y Martín García hasta la hoya de Enriquillo. Salvando las diferencias de tamaño entre ambos sistemas fluviales, en ambos casos se trata de un giro de 90° hacia el oeste que ha generado importantes cambios paleogeográficos, aunque a menor escala en este caso.

Dicho acontecimiento admite diversas interpretaciones, habiéndose relacionado con: una posible actividad del extremo oriental del accidente de Enriquillo, con una captura fluvial desde el valle de Enriquillo o con la interdentación de la cresa de Beata en la bahía de Ocoa (Díaz de Neira 2004). En el caso del Yaque del Sur no se han podido identificar fallas que hayan podido participar en su nuevo trazado, puesto que en éste no existen depósitos anteriores que podrían haber sido afectados por aquellas. Sin embargo, en el río Ocoa ya se ha visto como los abanicos antiguos permiten esbozar e incluso llegar a cuantificar los movimientos en la vertical causantes de su giro hacia el oeste (ver apartado sobre Tectónica activa). Queda pendiente la relación o integración de dichas estructuras en un marco geodinámico regional.

6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

Se denomina procesos activos a aquellos fenómenos de origen endógeno o exógeno, potencialmente funcionales sobre la superficie terrestre, que bajo determinadas circunstancias son susceptibles de constituir riesgo geológico. Su cartografía supone, por tanto, un inventario de procesos geológicos funcionales, siendo preciso recordar el carácter imprevisible de buena parte de los fenómenos naturales, tanto en zonas muy activas como de baja actividad geodinámica.

Los datos reflejados en la cartografía son el resultado de un reconocimiento general realizado mediante la interpretación de fotografías aéreas y la realización de recorridos de campo, por lo que sólo tienen el valor de una estimación preliminar y orientativa de los principales procesos geodinámicos activos del territorio. Consiguientemente, la información aportada, tanto en el mapa como en la memoria, no exige de la necesidad legal de realizar los estudios pertinentes en futuros proyectos, ni debe ser utilizada directamente para la valoración económica de terrenos o propiedades de cualquier clase.

También hay que tener en cuenta que a esta escala de trabajo no pueden representarse algunos fenómenos claramente perceptibles sobre el terreno. Éste es el caso de la densa 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 de los mapas no permite una representación de la superficie ocupada por los segundos.

En lo que sigue se describen los procesos activos relativos a: actividad: sísmica, neotectónica, procesos de erosión, inundación y sedimentación y actividad antrópica.

6.1. Actividad sísmica

La sismicidad es uno de los procesos activos más relevantes de 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 abarca un milenio (Europa, Oriente Medio) o excepcionalmente varios milenios, como es el caso de China. 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 existentes más antiguos provienen, en su mayor parte, de agencias situadas fuera del territorio dominicano, por lo que sólo se han registrado los eventos con magnitudes lo suficiente grandes como para ser registradas por redes alejadas, o los eventos de magnitudes pequeñas que han podido ser bien 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. 5).

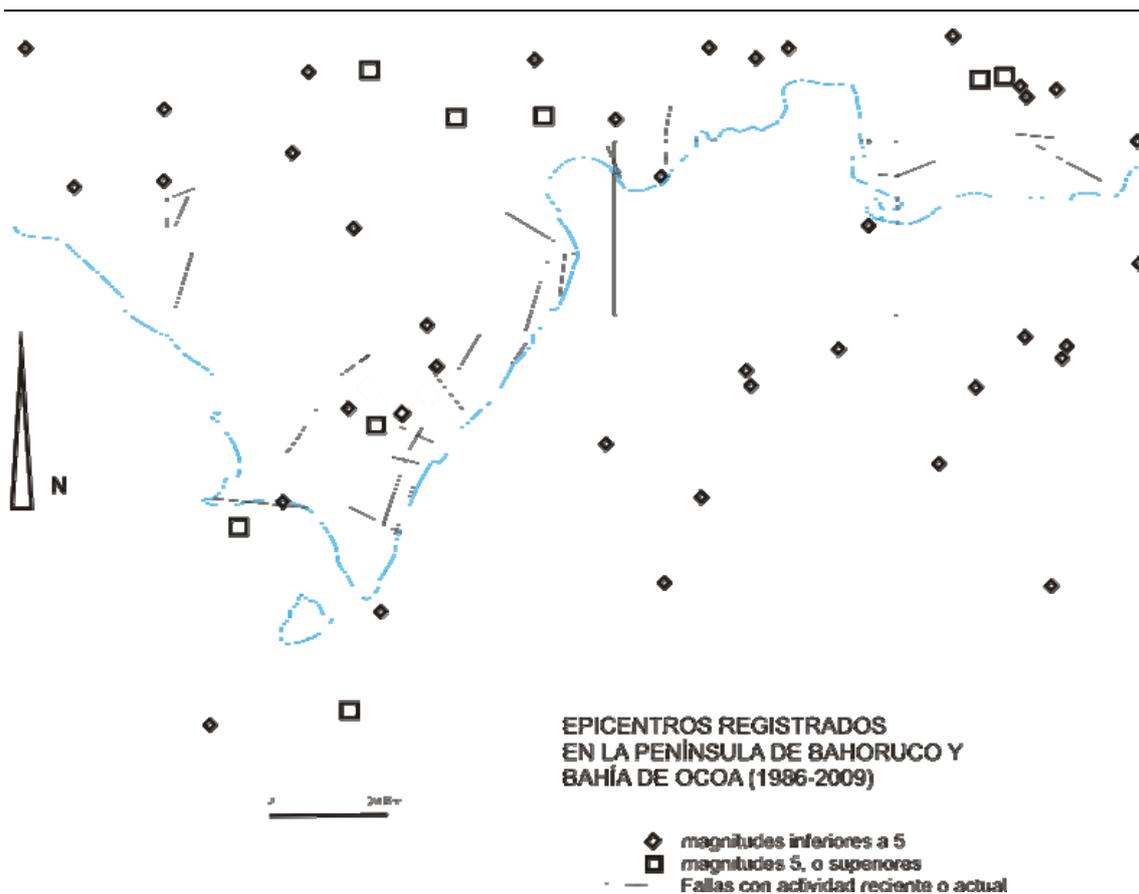


Fig. 5 Distribución de epicentros en la península de Bahoruco y la bahía de Ocoa para el periodo 1986-2009 y situación de la hoja de Sabana Buey (6070)

La Hoja de Sabana Buey es bastante ilustrativa de la precariedad de datos existente, ya que en el territorio abarcado por la misma sólo hay registrados dos eventos posteriores a 1.986. El carácter incompleto y discontinuo del registro se evidencia nítidamente en el sector oriental de La Española, cuando se proyectan los datos del PRSN (Red Sísmica de Puerto Rico), ya que la densa nube de epicentros que cubre el canal de la Mona y el extremo oriental de la República Dominicana, desaparece de forma brusca por falta de cobertura de la red y no por la existencia de variaciones geológicas que justifiquen la desaparición.

No obstante, cabe destacar que los dos epicentros de los sismos mencionados se sitúan coincidiendo con fallas con actividad reciente (ver esquema sismotectónico del mapa de Procesos Activos). El situado en el sector occidental (14 de Mayo de 1987, profundidad hipocentro 25 km y magnitud 3.8), coincide con la falla que afecta a los abanicos de la llanura de Azúa. El situado en el lado oriental de la hoja (26 de Mayo de 1997, profundidad hipocentro 82,5 km y magnitud 4.0), pese a la profundidad de su foco, hay que indicar que se ubica en las inmediaciones del *semigraben* ya descrito y

en la prolongación de la falla con dirección N-S de la costa oriental de la bahía de Ocoa.

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 riesgos sísmicos en que su radio de acción puede abarcar de miles de kilómetros desde el origen de la perturbación. Una vez generados son prácticamente imperceptibles en el mar abierto, donde la altura de la ola es inferior a un metro. Viajan a una velocidad de unos 900 km/h, y la distancia entre dos crestas de ola consecutivas puede alcanzar 500 km. Cuando esta perturbación de gran longitud de onda entra en aguas poco profundas, disminuye su velocidad y aumenta su altura, que a veces supera 25 m; el intervalo de tiempo entre olas sucesivas permanece sin cambios, siendo generalmente de 20 a 40 minutos. Cuando un tsunami, alcanza la línea de costa, el mar suele retroceder hasta un nivel muy inferior al de la marea baja, creciendo luego como una ola gigante, que rompe y se desploma transformándose en una corriente tractiva de incalculable energía.

Los efectos de los tsunamis pueden ser condicionados por la configuración de la línea de costa y del fondo marino en cada lugar. 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 caribeñas han sido afectadas por tsunamis en diversas ocasiones, por lo que en esta hoja el ámbito litoral de la bahía de Ocoa debe considerarse como susceptible de sufrir este tipo de fenómenos en los tramos de costa baja o no acantilada, como son: la línea de costa correspondiente a la Llanura de Azua, la desembocadura del río Ocoa y el cordón litoral del extremo oriental de la hoja. No obstante, dada la nula o muy baja ocupación humana de dichos sectores, la incidencia de dicho fenómeno sería escasa.

6.2. Tectónica activa

La importante tectónica activa del área queda reflejada principalmente en algunos depósitos y formas del relieve del Pleistoceno y Holoceno, tal como ya se ha visto en la descripción de las mismas. No obstante, la elevada tasa de erosión y modelado de las vertientes enmascara rápidamente algunos de las estructuras o formas de origen tectónico, como los escarpes producidos por fallas.

La tectónica activa puede describirse considerando tres etapas, que se corresponden con tres grupos o tipos de observaciones: tectónica activa durante el Pleistoceno, actividad en el Holoceno y actividad actual.

La tectónica activa en el Pleistoceno queda reflejada por la creación, el ascenso paulatino y la compartimentación de las superficies de erosión. Tal es el caso de la sierra de Martín García, donde, sin embargo, no se han podido identificar posibles etapas, ni las fallas actuantes en los movimientos en la vertical entre los diferentes bloques que parecen compartimentar las dos posibles superficies de erosión, ya mencionadas en el apartado dedicado a las formas poligénicas.

Por el contrario, la tectónica activa durante el Holoceno ha quedado reflejada con mayor claridad en los depósitos fluviales del Pleistoceno-Holoceno, puesto que estos aparecen compartimentados y desnivelados tras la creación de una semifosa que ha provocado la captura o giro de 90° del río Ocoa. En lo que sigue se describe dicha estructura (Fig.4).

- En el sector oriental de la hoja existe un *semigraben* reciente, con dirección E-O, cuyo borde tectónico (el meridional) presenta dos familias de fracturas con direcciones aproximadas NE-SO y E-O, cuyas trazas pueden identificarse en los abanicos de la segunda generación, los cuales aparecen compartimentados según un graderío que desciende hacia dicho *semigraben*.
- En relación con el borde tectónico de esta fosa, la base de los abanicos fluviales más antiguos (1ª generación) desciende desde cotas situadas en torno a 240 m, en el borde septentrional de la hoja, hasta 80 m en las inmediaciones de la margen derecha del río Ocoa. Al sur del mismo río (bloque elevado del *semigraben*, en las inmediaciones del cerro de Las Lanchas), en los retazos dejados por la erosión (durante el desarrollo y encajamiento de los abanicos de

2ª generación), la base de los mismos abanicos se sitúa a 140 m s.n.m.m., desde donde desciende hasta la cota 80 m, a una distancia horizontal de la costa de solo 400 m. Ello permite estimar un salto vertical acumulado en las fallas implicadas de unos 100 m, valor obtenido mediante extrapolación de las pendientes de dicho depósito (ver sección II en el mapa geomorfológico).

- En el bloque elevado de dicha semifosa los abanicos de 2ª generación han experimentado un desmantelamiento menor que los anteriores, que, como ya se ha indicado, ha permitido identificar alguna de las trazas de las fallas mencionadas. No obstante, no se han encontrado afloramientos de sus planos de movimiento (bien visibles en foto aérea), por lo que no se conoce la geometría ni la cinemática de dichas fracturas. En la vertiente meridional del bloque elevado de la mencionada estructura, la base de estos abanicos se encuentra a la cota 100 m (Cerro de Los Altos y La Esperaza), desde donde desciende hacia la costa hasta la cota 20 m, a poca distancia de la misma. Por el contrario, en el borde tectónico del mismo bloque, estos depósitos forman dos escalones en descenso hacia el río Ocoa y su base queda a pocos metros sobre el nivel de éste o por debajo del mismo, como ocurre aguas arriba, ya en la hoja contigua de Baní. En consecuencia, parece producirse un salto vertical similar (en torno a los 100 m) en ambos sistemas de abanicos antiguos.

En el apartado sobre Evolución geomorfológica se indica la similitud entre los ríos Yaque del Sur y Ocoa, en su giro de 90° hacia el oeste. En el primer caso se conoce la edad aproximada de dicho evento gracias a la datación, entre 5.000 y 2.800 años, (Taylor *et al.*, 1985) de los arrecifes, hoy elevados sobre el lago Enriquillo, puesto que estos marcan el momento en el que lo que era una profunda bahía quedó aislada del mar y transformada en una zona endorreica, por el gran abanico creado en el nuevo trazado de dicho río (Díaz de Neira *et al.* 2007). No existen por el momento dataciones que permitan conocer la edad del giro del río Ocoa por lo que se desconoce la tasa del movimiento vertical en el borde tectónico del *simigraben* que ha provocado su desvío.

Otros indicadores de tectónica activa son las fallas inversas (NE-SO) que provocan buzamientos importantes en abanicos recientes situados al norte de la desembocadura del río Ocoa, que por su pequeño tamaño no son representables a esta escala de trabajo. Así mismo, las fallas antes descritas, correspondientes al borde tectónico del *simigraben*, muestran escalones de unos pocos metros que desnivelan

los glacis erosivos o laderas regularizadas por la erosión actual en dicho borde, pese a que dicho modelado reciente tiende a enmascarar dichas fracturas.

6.3. Actividad asociada a procesos de erosión

Alcanza su máximo desarrollo en las zonas montañosas, y su acción es moderada pero importante en áreas con moderado relieve. También es destacable el retroceso por erosión de la línea de costa, en los pronunciados acantilados del sector occidental.

La principal manifestación de los procesos de erosión viene dada por la incisión lineal asociada a la actividad de los distintos torrentes de la sierra de Martín García y de las estribaciones de la Cordillera Central. En el primer caso se han delimitado diversas áreas de erosión intensa, debido a la existencia de una densa red de drenaje y de áreas acarcavadas

En el sector oriental de la hoja, tras el levantamiento del borde tectónico de la semifosa ya descrita, la arroyada difusa y procesos de ladera han creado glacis erosivos sobre el mismo que tienden a enmascarar las fallas involucradas en su levantamiento. En consecuencia, los antiguos abanicos que cubren dicho lugar han experimentado una fuerte transformación de su geometría original.

En el cauce o lecho principal del río Ocoa la erosión lateral del mismo es un proceso activo con el que se producen cambios repetidos en su trazado a lo largo de su llanura de inundación, aunque el principal riesgo de estas áreas es el derivado de la sedimentación e inundación, como se ve a continuación.

6.4. Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación

Es la actividad relacionada con una mayor variedad de procesos, además de ser la que tiene una mayor incidencia sobre la población. Su origen está relacionado con la actividad fluvial, litoral, lacustre, eólica, antrópica y, en general, con cualquier tipo de proceso generador de áreas deprimidas susceptibles de ser inundadas o de recibir aportes sedimentarios.

Los procesos de inundación y sedimentación actúan de forma prácticamente permanente sobre los fondos de valle de los ríos y bajo un régimen torrencial en los numerosos arroyos y cañadas de la zona. En el caso de la llanura de inundación del

río Ocoa este proceso alcanza gran incidencia sobre las actividades humanas, dado que aquella presenta una pendiente importante, que ocasiona avenidas con elevada energía y aguas muy turbulentas, que llegan a dañar el puente de reciente construcción situado cerca de su desembocadura.

Los conos de deyección y abanicos recientes poseen una funcionalidad menos predecible, lo que dificulta su tratamiento, pudiendo dar lugar a violentos depósitos de masas aluviales con una participación acuosa variable. Algunos de los abanicos y conos de mayor envergadura han perdido su funcionalidad, como ocurre en el que tapiza la Llanura de Azua, que presenta algunos cauces con cierta incisión sobre el mismo, lo que no implica que su superficie no quede sometida a inundaciones esporádicas, dado que las puntas de crecida pueden superar la capacidad de evacuación de los cauces, produciendo desbordamientos hacia los espacios adyacentes, en lo que puede participar las rupturas en los márgenes de los canales.

La actividad en el litoral es manifiesta en relación con las marismas y las playas, como áreas sometidas a constantes procesos de inundación y sedimentación. El cordón litoral, el campo de dunas y las lagunas colmatadas del extremo oriental de la hoja, quedan a salvo de inundaciones, excepción hecha de la llegada eventual de algún tsunami, o bien en episodios de tormentas importantes. Por otra parte es destacable la importante deriva litoral de este sector, que en los últimos miles de años ha creado el extenso cordón litoral que penetra varios kilómetros en la bahía de Ocoa. También el avance hacia la misma del abanico fluvio-deltaico de la desembocadura del río con el mismo nombre. Ambos procesos han sido reseñados como: avance por acreción de la línea de costa.

Por último, cabe señalar la sedimentación eólica, con la formación de grandes dunas parabólicas, que se viene produciendo sobre la mayor parte del cordón litoral mencionado, las cuales marcan un sentido de vientos dominantes dirigidos hacia poniente, que también provocan la deriva litoral. No obstante, no cabe esperar de este proceso un impacto importante sobre las actividades humanas por tratarse de un área despoblada.

6.5. Actividad antrópica

Sólo son reseñables los movimientos de tierras en el entorno de las lagunas litorales existentes en el extremo del cordón litoral anterior, así como la construcción del puente

próximo a la desembocadura del río Ocoa, cuyos pilares y bordes laterales llegan a producir cierto represamiento en las avenidas que han llegado a provocar el desbordamiento de las aguas sobre dicha construcción y la destrucción parcial de la misma.

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 DE NEIRA, J. A., y HERNAIZ, P.P. (2004).** Mapa geológico de la hoja a escala 1:50.000 de Antón Sánchez (6272-I) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN; Proyecto L Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- DÍAZ DE NEIRA, J. A., MARÍN-SERRANO, A., ESCUER, J. (2007).** Evolución geomorfológica de la Cordillera Oriental Dominicana. Boletín Geológico y Minero, 118, (2), 385-400.
- DÍAZ DE NEIRA, A. (2000).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6072-III (Padre Las Casas) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto C. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo
- DÍAZ DEL OLMO, F., CÁMARA ARTIGAS, R. (1993)** Niveaux marins, chronologie isotopique et karstification en Republique Dominicaine. Karstología, 22, 2, 52-54.
- GÓMEZ, J.A. (2000).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6071-III (Yayas de Viajama) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto C. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo
- 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.
- 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.