



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

ESCALA 1:100.000

SAMANÁ

(6373)

Santo Domingo, R.D., Febrero 2008-Diciembre 2010

La presente Hoja y Memoria forma parte del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, Proyecto Proyecto 1B (EuropeAid/122430/D/SER/DO), 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 IGME, formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA con normas, dirección y supervisión de la Servicio Geológico Nacional (SGN), habiendo participado los siguientes técnicos y especialistas:

CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

- Ing. M^a Ángela Suárez Rodríguez (IGME) e Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

CARTOGRAFÍA DE PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

- Ing. M^a Ángela Suárez Rodríguez (IGME) e Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. M^a Ángela Suárez Rodríguez (IGME) e Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

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

- Dr. Ángel Martín-Serrano (IGME)

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 (TYPSA) 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 (SGN)

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

Se quiere agradecer muy expresamente al Dr. Andrés Pérez-Estaún, y al Dr. Javier Escuder Viruete, la 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.....	6
1.1. Metodología.....	6
1.2. Situación geográfica.....	10
1.3. Marco geológico.....	12
1.4. Antecedentes.....	16
2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA.....	19
3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.....	24
3.1. Estudio morfoestructural.....	24
3.1.1. Formas estructurales.....	26
3.2. Estudio del modelado.....	30
3.2.1. Formas gravitacionales.....	31
3.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial.....	33
3.2.3. Formas lacustres y endorreicas.....	36
3.2.4. Formas marinas-litorales.....	37
3.2.5. Formas por meteorización química.....	46
3.2.6. Formas poligénicas.....	54
3.2.7. Formas antrópicas.....	54
4. FORMACIONES SUPERFICIALES.....	55
4.1. Formaciones gravitacionales.....	56
4.1.1. Clastos angulosos con lutitas y arenas. Coluviones (a). Holoceno.....	56
4.1.2. Bloques de litología variada y arenas. Movimientos en masa complejos (b). Holoceno.....	56
4.1.3. Lutitas, arenas, cantos y bloques. Lóbulo o colada de soliflucción-Flujos- (c). Holoceno.....	57
4.1.4. Clastos angulosos y bloques con arenas y lutitas. Derrumbes-avalanchas (d). Holoceno.....	58
4.2. Formaciones fluviales y de escorrentía superficial.....	58
4.2.1. Lutitas, gravas y arenas. Abanicos aluviales de baja pendiente (e y f). Pleistoceno Medio/Superior-Holoceno.....	58
4.2.2. Clastos angulosos y bloques con limos y arenas. Abanicos aluviales de alta pendiente (g). Pleistoceno-Holoceno.....	61
4.2.3. Gravas y arenas. Terrazas (h). Pleistoceno-Holoceno.....	62
4.2.4. Lutitas, arenas con gravas y bloques. Llanuras de inundación (i). Holoceno.....	62
4.2.5. Limos con gravas y arenas. Fondos de valle (j). Holoceno.....	64
4.3. Formaciones marino-litorales.....	65
4.3.1. Calizas bioclásticas, coralinas .Construcciones biogénicas (k). Pleistoceno-Holoceno.....	65
4.3.2. Arenas. Cordón litoral (l). Holoceno.....	69
4.3.3. Lutitas y limos. Manglar alto- marisma- (m). Holoceno.....	70
4.3.4. Lutitas y arenas. Manglar bajo- marisma-(n). Holoceno.....	71
4.3.5. Arenas. Flecha litoral (o). Holoceno.....	71
4.3.6. Arenas. Playas de arena (p). Holoceno- actualidad.....	72
4.3.7. Arenas, limos y arcillas. Delta (q). Holoceno- actualidad.....	73
4.4. Formaciones lacustres-endorreicas.....	73
4.4.1. Lutitas y limos con materia orgánica. Área pantanosa (r). Holoceno.....	73

4.5. Formaciones por meteorización química en rocas carbonatadas, rocas cristalinas y silíceas	74
4.5.1. Arenas (Arenización) (s). Plioceno-Holoceno.....	74
4.5.2. Arcillas rojas y algunas de color beige. Argilizaciones (t). Plioceno-Holoceno	74
4.5.3. Arcillas rojas de descalcificación- <i>Terra rosa</i> - Relleno de fondo de dolina, uvala y polje. (u). Pleistoceno-Holoceno.....	75
4.6. Formaciones poligénicas	77
4.6.1. Lutitas, arenas y gravas (Piedemonte) (v). Pleistoceno superior-Holoceno..	77
5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA	78
6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO	80
6.1. Actividad sísmica	81
6.1.1. Tsunamis.....	84
6.2. Tectónica Activa.....	85
6.3. Actividad asociada a movimientos de laderas.....	87
6.4. Actividad asociada a procesos de erosión	87
6.5. Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación	88
6.6. Actividad asociada a litologías especiales.....	90
6.7. Actividad antrópica.....	90
7. BIBLIOGRAFÍA.....	91

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. El Programa SYSMIN tiene como objetivo primordial favorecer el desarrollo del sector geológico-minero y mejorar las condiciones de vida de la población frente a los fenómenos sísmicos, la contaminación de las aguas subterráneas y la degradación del medio ambiente generada por las explotaciones mineras en la República Dominicana. Como continuación de los proyectos de Cartografía Geotemática desarrollados dentro del programa SYSMIN I, denominados C (1997-2000), K (2002-2004) y L (2002-2004), 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) del presente Proyecto 1B (EuropeAid/122430/D/SER/DO).

El objetivo general del Proyecto 1B consiste en la producción de mapas geológicos a escala de 1:50.000 y otros mapas geotemáticos a escala de 1:100.000 siguiendo una normativa precisa en cuanto a su realización. Se trata de continuar la provisión de información geocientífica por el Estado en forma de mapas geológicos y temáticos (mapas geomorfológicos, mapas de recursos minerales, y mapas de procesos activos), bases de datos y otra información que sirve como base para la selección y delimitación de áreas a explorar, la selección de métodos de exploración y para la evaluación de los resultados, así como para el uso de tierras, evaluación de riesgos geológicos y prevención de desastres, entre otros.

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:

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)

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:

- Isla Beata (5868)

-
- Cabo Rojo (5869)
 - Enriquillo (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.

La presente Hoja y Memoria afectan a la totalidad de la Hoja a escala 1:100.000 de Samaná. Durante la realización de la Hoja Geomorfológica a escala 1:100.000 de Samaná se ha utilizado la cartografía geológica de las 3 hojas a escala 1:50.000 elaborada durante el presente proyecto: Santa Bárbara de Samaná (6373-IV), Sabana de la Mar (6373-III) y Las Galeras (6373-I), 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. Los estudios fotogeológicos se han completado con la interpretación de las imágenes de *Google Earth*. La cartografía previa ha sido complementada con recorridos de campo. Muchos de los puntos de observación y recorridos fueron grabados con ayuda de un PDA (*Personal Digital Assistant*) o TabletPC con sistema acoplado de GPS (*System Global Positioning*) y el software ArcPad v. 7.1 de Esri®; 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 Geológico y Minero de España y el Servicio Geológico Nacional (SGN) 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 del Proyecto 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 Samaná (6373). 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 explicando las distintas formas de éste, agrupándolas en función del proceso geomorfológico responsable de su origen (estructural, gravitacional, fluvial...), e incidiendo en su geometría, tamaño y génesis.
- Estudio de las formaciones superficiales, es decir, de las formas deposicionales, 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: Santa Barbara de Samaná (6373-IV), Sabana de la Mar (6373-III) y Las Galeras (6373-I), 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 Geomorfología (Análisis morfológico y Evolución e historia geomorfológica).

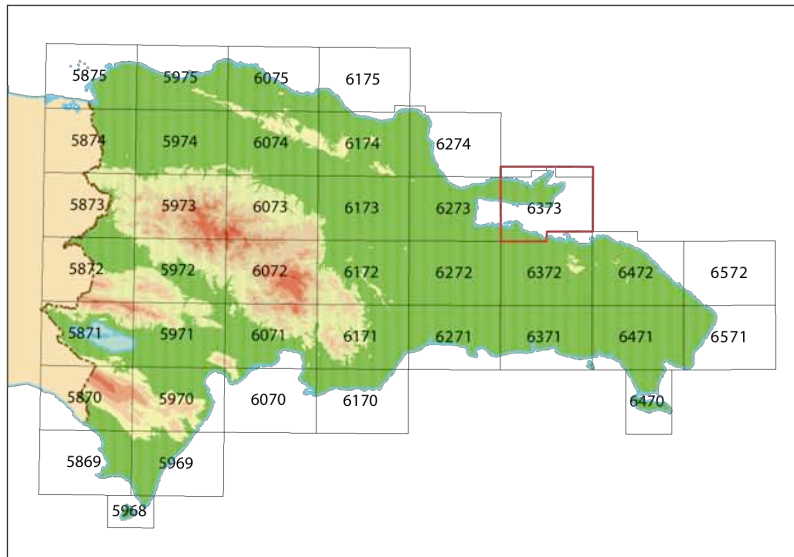


Fig.1.1.- Distribución de hojas a escala 1:100.000 de la República Dominicana y situación de la Hoja a escala 1:100.000 de Samaná (6373).

1.2. Situación geográfica

La Hoja a escala 1:100.000 de Samaná (6373) se encuentra situada en el sector nororiental de la República Dominicana (Figs. 1.1 y 1.2) y más concretamente, en el ámbito noreste de la Península de Samaná y parte septentrional de la Cordillera Oriental- y en la Llanura Costera de Sabana de la Mar. Incluye la mayor parte de la provincia de Samaná y el sector septentrional de la provincia de Hato Mayor (Fig. 1.2).

La provincia de Samaná ocupa completamente la península de Samaná, limita al Norte y Este por el Océano Atlántico, al Sur por la Bahía de Samaná y la provincia de Hato Mayor, al Suroeste con la provincia Monte Plata y al Oeste por las provincias Duarte y María Trinidad Sánchez. La provincia de Samaná fue creada el 4 de junio 1867, como Distrito Marítimo. La constitución de 1907 -efectiva en 1908- la convierte en Provincia. *Xamaná* es el nombre indígena de la región. Esta provincia posee una superficie de 853,74 km². Las ciudades principales son el municipio cabecera de Santa Bárbara de Samaná, y los municipios de Las Terrenas, Sánchez, Arroyo Barril, El Limón y Las Galeras. La red de drenaje está formada por ríos y arroyos de corto recorrido, destacando los ríos San Juan, Limón, Cantón, Majagua y Tito que vierten sus aguas al Océano Atlántico.

Las actividades económicas principales de la provincia son el turismo, la agricultura y la pesca. También existe un pequeño desarrollo minero, produciéndose mármol. Los productos agrícolas principales son el coco y yautía.

Samaná es una provincia de gran desarrollo turístico, principalmente en los centros de Samaná, Las Terrenas y Las Galeras. En los últimos años ha habido una profunda reestructuración de la oferta hotelera en la zona, que había caído en decadencia. Paralelamente, el sector inmobiliario de residencias turísticas ha experimentado un gran auge, particularmente en las inmediaciones de Las Terrenas.

Cada año, a mediados del invierno y primavera, Samaná es visitada por las ballenas jorobadas en su temporada de apareamiento, las cuales brindan un majestuoso espectáculo para los visitantes. El santuario de las ballenas se encuentra de camino de la isla de Cayo Levantado, lo cual permite que los visitantes que van a ver las ballenas también puedan visitar este singular paraje.

La provincia de Hato Mayor es una de las provincias más recientes de la República Dominicana, creada en 1984. Forma parte de la Región Yuma, y limita al oeste con las provincias de Samaná y Monte Plata, al sur con San Pedro de Macoris, y al este con El Seibo. Tiene una superficie de 1.329,29 km² y está dividida en tres municipios, Hato Mayor del Rey al sur, El Valle y Sabana de la Mar al norte, donde se encuentra ubicada la zona meridional de la Hoja. La provincia posee un típico clima tropical (De la Fuente, 1976), suavizado por su carácter insular, con temperaturas medias de 25-26° C y precipitaciones que aumentan de sureste a noroeste desde 1.900 hasta 2.100 mm/año; es frecuente la llegada de tormentas tropicales y huracanes, especialmente concentrados entre septiembre y octubre, observándose variaciones estacionales ligeras, siendo algo más acusadas las diarias. La estación de lluvias se extiende de diciembre a marzo y la seca, de marzo a diciembre.

La vegetación varía notablemente, con predominio de los bosques muy húmedos subtropicales, con extensos pastos y cultivos, especialmente en la llanura costera. El principal río al norte de esta provincia, y en la zona estudiada, es el Yabón, la red de drenaje está integrada por una serie de elementos de corto recorrido entre los que destacan los ríos Capitán, Honduras y Catalina o el Río Caño Hondo dentro del Parque Nacional de Los Haitises.

La zona que incluye la Hoja, está escasamente poblada, siendo Sabana de la Mar su principal núcleo de población, además del cual es preciso señalar Las Cañitas. En el resto de la zona, sus habitantes se encuentran desperdigados en pequeñas aldeas y casas de campo. Su principal actividad se centra en la agricultura, la ganadería y la pesca.

En el territorio de la provincia se encuentra gran parte del Parque Nacional de Los Haitises, uno de los más importantes centros del sistema Nacional de Áreas Protegidas de la República Dominicana, con una extensión de 206 km².

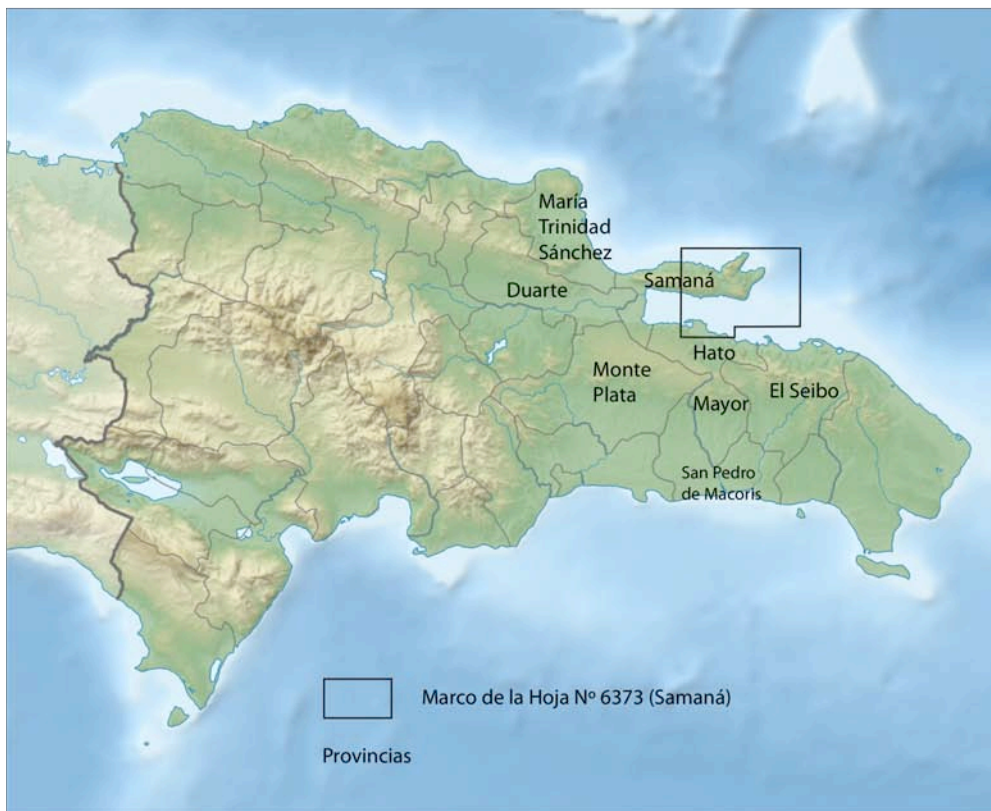


Fig.1.2.- Situación de la Hoja de Samaná en las provincias de la República Dominicana.

1.3. Marco geológico

Desde el punto de vista geodinámico, la Isla Española se encuentra situada en la parte septentrional de la Placa del Caribe y conjuntamente con Puerto Rico, constituyen una unidad que puede interpretarse como una microplaca incipiente, limitada al Norte por una zona de subducción/colisión oblicua (Fosa de Puerto Rico) y al Sur por una zona

de subducción (Fosa de los Muertos) (Mann *et al.*, 2002; Pindell y Kennan, 2004, 2006; Pindell *et al.*, 2009), tectónicamente activa hasta la actualidad.

La macroestructura de La Española consiste en un conjunto de unidades tectónicas de unos 250 kilómetros de anchura, constituido por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior a Eoceno, que se formaron y acrecieron en un arco-isla intraoceánico hasta la colisión arco-continente. Estas rocas están regionalmente cubiertas por una cobertera de rocas sedimentarias siliciclásticas y carbonatadas de edad Eoceno/Oligoceno – Actualidad, que post-datan la actividad del arco isla y registran principalmente el período de movimiento transcurrente senestro entre las placas de Norte América y Caribeña (Mann, 1999; Mann *et al.*, 1991, 2002; Calais *et al.*, 1995; Dolan *et al.*, 1998).

Las estructuras formadas a lo largo de la historia cenozoica de La Española son típicamente transpresionales, como zonas de falla transcurrentes de gran escala y subparalelas a la zona de colisión. La macroestructura transpresiva formada en la Cordillera Oriental durante el Cenozoico constituye un buen ejemplo de deformación transpresiva. Consiste en un sistema de fallas de desgarre transcurrentes de dirección NO-SE, movimiento senestro y de disposición general “en flor”, siendo la falla del Yabón la más importante.

La tectónica reciente o geotectónica de la Isla, se demuestra por una importante actividad sísmica. En el registro de esta actividad sísmica destacan los terremotos históricos de 1751, 1770, 1842, 1887, 1911, 1946, 1948 y 1953, debido a que el borde septentrional de la placa Caribeña está actualmente sometida a un régimen de convergencia oblicua (Calais *et al.*, 1992, 1998, 2002; Mann *et al.*, 1998).

Desde el punto de vista morfoestructural la tectónica reciente se manifiesta a través de la elevación topográfica de numerosas áreas por parte de fallas activas. En este sentido, cabe decir que la Isla está constituida por cuatro alineaciones montañosas principales que, de norte a sur y según la toponimia dominicana, son la Cordillera Septentrional, la Cordillera Central, la Cordillera Oriental, la Sierra de Neiba y la Sierra de Bahoruco, separadas por tres grandes depresiones que, según el mismo orden, son el Valle del Cibao, el Valle de San Juan y el Valle de Enriquillo (Fig 3.1).

La Península de Samaná, respecto al sustrato mesozoico, se incluye dentro del Dominio geológico de la Cordillera Septentrional. La geología de la Península de Samaná está

compuesta de cuatro conjuntos litológicos: 1) un complejo de basamento metamórfico relacionado con subducción, cuya estructura interna consiste en un apilamiento imbricado de láminas mesozoicas de alta-P (Joyce, 1991, Escuder Viruete y Pérez-Estaún, 2006); 2) un grupo de unidades siliciclásticas de edad Mioceno, plegadas y fracturadas, que se disponen en contacto tectónico o discordante sobre el complejo metamórfico; 3) un grupo de unidades carbonatadas de edad Mioceno a Pleistoceno, que se disponen volcadas o subhorizontales sobre el complejo (las Calizas de la Talanquera, la Formación Los Haitises, la Formación Sánchez y los Conglomerados de Samaná), y 4) una conjunto de formaciones superficiales de edad Holoceno.

El Complejo de basamento metamórfico de Samaná está limitado estructuralmente al sur por la prolongación oriental de la Zona de Falla Septentrional y al norte por la costa Atlántica, aunque posiblemente se continúa hasta la Fosa de La Española-Puerto Rico. Está formado por las siguientes unidades tectonometamórficas en el basamento: la Unidad de Filitas de Playa Colorado (filitas, metareniscas, esquistos cloríticos, metacarbonatos y chert). La Unidad de Mármoles de El Rincón (mármoles calcíticos, masivos y bandeados y calcoesquistos). La Unidad de Esquistos de Santa Bárbara (micaesquistos, calcoesquistos y cuarzoesquistos, con intercalaciones de mármoles calcíticos claros y bandeados). La Unidad de Punta Balandra (alternancia de mármoles, calcoesquistos y micaesquistos con granate, con intercalaciones y bloques de eclogitas, esquistos azules con granate, onfacititas y glaucofanitas, y a techo una mélange tectónica con bloques de serpentinitas, eclogitas y metasedimentos). Y la Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos (mármoles calcíticos y dolomíticos, masivos y bandeados, calcoesquistos y filitas).

En la parte sur de la Hoja, es decir al sur de la Bahía de Samaná se encuentran rocas del sustrato mesozoico pertenecientes a la Cordillera Oriental y que se han dividido en varias formaciones; Fm. Los Ranchos (materiales volcánicos y volcano-clásticos), Fm. Las Guayabas (potente sucesión de areniscas y tobas depositadas en un ambiente turbidítico durante el Cretácico Superior), con intrusiones de granodioritas y tonalitas. En el sector occidental sobre el anterior conjunto cretácico se dispone de forma discordante la Fm. Cevicos (materiales margoso-calcáreos pliocenos) que pasan en la vertical a las calizas arrecifales de la Fm. Los Haitises.

Durante el Cuaternario, el proceso más relevante ha sido la elevación de la cordillera Oriental (incluyendo a la plataforma pliocena), y de la Península de Samaná, con el consiguiente incremento superficial de La Española. Dentro de esta tendencia

ascendente generalizada, la evolución más reciente ha ido acompañada por el desarrollo de la Llanura Costera de Sabana de la Mar, condicionado principalmente por la actividad fluvial del río Yabón y por la dinámica litoral. De la misma forma en la Península de Samaná, también ha imperado la dinámica litoral desarrollándose importantes construcciones biogénicas, zonas de marismas-manglares, y varios niveles de plataformas de abrasión, junto con la actividad fluvial de cortos ríos que recorren la península y los importantes procesos de karstificación que se producen sobre los materiales carbonatados.

Los materiales cuaternarios aflorantes en la Hoja son de origen variado, como las terrazas marinas arrecifales que adquieren importancia en la península de Samaná junto con otros de origen marino-litoral, como la flecha de Sabana de La Mar, marismas, manglares, playas, cordones litorales, etc. Otros depósitos cuaternarios son de origen fluvial como los abanicos aluviales, terrazas, depósitos de fondo de valle, además de coluviones y otras formaciones superficiales de origen endorreico-lacustre.

La historia geológica de La Española simplificada, que registran los diversos conjuntos litológicos que conforma la Isla, puede sintetizarse en los siguientes eventos:

- Jurásico Medio-Superior. Edad de formación de las rocas oceánicas más antiguas del Caribe, siendo tanto de procedencia Pacífica como resultado de la separación de las placas de Norte y Sur América y la formación del océano del proto-Caribe (Mann *et al.*, 1991; Montgomery *et al.*, 1994; Lewis *et al.*, 1999; Escuder Viruete y Pérez-Estaún, 2006; Escuder Viruete *et al.*, 2008).
- Cretácico Inferior. Génesis del Arco de Islas Primitivo, representado por formaciones como la Fm Los Ranchos, sobre una zona de subducción con polaridad hacia el Sur. Existencia de episodios magmáticos relacionados con la actividad de una pluma mantélica.
- Cretácico Superior-Eoceno. Probable cambio en la cinemática del arco (Cenomanense Superior-Turonense) y continuación de la subducción dando lugar a la formación del Arco de Islas del Caribe. Evento magmático principal de formación del Plateau oceánico del Caribe en el Turonense-Coniacense y en el Campaniense-Maastrichtense.
- Paleoceno-Eoceno Inferior. Formación de la Falla de la Española e inicio de los desplazamientos laterales entre el arco primitivo y la parte trasera arco

(Cretácico Superior), así como con respecto a su parte frontal (prisma acrecional y cuencas de antearco).

- Eoceno Medio-Superior. Colisión principal del arco de islas con la plataforma de las Bahamas, exhumación de las rocas de alta P y cese de la actividad mágmica relacionada con la subducción.
- Oligoceno-Mioceno Inferior. Movimientos en dirección en la zona de colisión y en el interior del arco. Fallas de desgarre y cuencas sedimentarias asociadas Movimientos frágiles a lo largo de la Falla de la Española.
- Mioceno Superior-Actualidad. Generalización de la tectónica de desgarre y aparición de estructuras relacionadas con la subducción en la Fosa de los Muertos situada al Sur de la Isla (Mann *et al.*, 2002; Díaz de Neira *et al.*, 2006). Exhumación final del complejo de acreción-colisión. Erosión remontante de la red fluvial junto con el levantamiento regional.

En Samaná, la deformación más reciente y general es de tipo frágil y está dominada por numerosas fallas tardías. Estas fallas son desgarres subverticales que definen un sistema geométrica y cinemáticamente relacionado con la Zona de Falla Septentrional. La Zona de Falla Septentrional discurre justo al sur de la península siguiendo una dirección ONO-ESE a O-E. Esta traza se deduce a partir de la forma de la anomalía magnética que revela su presencia bajo el área sumergida, la batimetría del fondo marino en la Bahía de Samaná, y el levantamiento tectónico de formaciones bioconstruidas holocenas que forman cayos. Su movimiento Neógeno de desgarre sinistral inverso ha producido también el levantamiento de la península y su basculamiento hacia el norte.

1.4. Antecedentes

La Isla de La Española y, en concreto, el territorio correspondiente a la República Dominicana, contiene un registro excepcional de la evolución del denominado Arco Isla caribeño durante el Jurásico Superior-Cretácico, y de su deformación posterior por una tectónica transpresiva durante buena parte del Terciario. Este registro implica que esta área presente gran interés para el estudio de la geotectónica de la placa caribeña y de los riesgos geológicos que ésta implica. Sin embargo, a pesar de esta importancia geológica, y con la excepción de diversas investigaciones y prospecciones mineras y petrolíferas de carácter local, la mayor parte de la isla ha carecido de estudios geológicos de detalle hasta bien entrados los años 1980, a partir de los cuales varios estudios han incrementado su conocimiento geológico. Otros resúmenes de la

geología de la isla se pueden encontrar también en Draper y Lewis (1991), Lewis (1980), Lewis y Draper (1990), entre otros. En Samaná destacan los trabajos de Nagle (1974), Joyce (1980, 1985, 1991) y Draper y Lewis (1991).

Entre los estudios y documentos previos de carácter geológico-minero, la República Dominicana dispone de un mapa geológico a escala de 1:250.000, denominado "Mapa Geológico de la República Dominicana", publicado en 1991. Las referencias sobre la geología de la Hispaniola son numerosas y han sido publicadas en revistas internacionales principalmente. Una síntesis de la bibliografía geológico-minera básica puede encontrarse en el *Special Paper* 262 (1991) de la Sociedad Geológica de América.

Más recientemente, tienen un particular interés los volúmenes especiales de "Active strike-slip y collisional tectonics of the northern Caribbean Plate boundary zone", editado en 1998 por J. Dolan y P Mann (Spec. Pap. Geol. Soc. Am. vol 326) y que incluye abundante información sobre la geología de la República Dominicana; el Acta Geológica Hispánica (vol. 37), editado en 2002 por Pérez-Estaún *et al.*, que actualiza la información geológica obtenida en el marco del Programa SYSMIN I; y el Boletín Geológico y Minero de España (vol. 118), publicado en 2007, que recoge una síntesis de los trabajos e investigaciones más recientes.

Entre los trabajos más recientes es preciso señalar los elaborados dentro del Proyecto SYSMIN, Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, 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. Programa SYSMIN: Pérez-Estaún *et al.* (2002), y Pérez-Estaún *et al.* (2007). Y diversos trabajos que abordan aspectos específicos del sustrato geológico: Escuder Viruete *et al.* (2007), García-Senz *et al.* (2007a), García Senz *et al.* (2007b); y Díaz de Neira *et al.* (2007), centrado en aspectos geomorfológicos y de la evolución reciente.

De gran interés es el Informe elaborado por Braga (2010) dentro del presente proyecto, en el que además de tener en cuenta los datos aportados por los trabajos previos, aborda la estratigrafía, sedimentología y paleogeografía de las formaciones arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana, incluyendo referencias concretas a la Hoja de Samaná.

Al igual que en resto del territorio dominicano, son escasas las referencias de índole geomorfológica que afectan a la Hoja de Samaná, correspondiendo, en la mayor parte de los casos, a aspectos contenidos dentro de estudios geográficos o geológicos, o bien a 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 (1966) realizó una división en provincias fisiográficas.

Sin duda, el trabajo de mayor interés desde un punto de vista geomorfológico 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; sus denominaciones han servido como referencia durante la realización del presente trabajo.

Dentro de la escasez de trabajos puramente geomorfológicos en La Española, cabe señalar los relacionados con el modelado kárstico de la región de Los Haitises (Díaz del Olmo y Cámara, 2003; Martínez Batlle *et al.*, 2003).

Desde un punto de vista metodológico, cabe destacar las diversas Hojas a escala 1:100.000, tanto geomorfológicas como de procesos activos, realizadas durante los proyectos K y L del Programa SYSMIN (2004), si bien todas ellas se encuentran algo alejadas de la zona en cuestión.

Por último, dentro del Programa SYSMIN y con carácter general en relación al ámbito dominicano, es preciso señalar los trabajos relativos a geofísica aeroportada (CGG, 1997) y a aspectos sísmicos (Prointec, 1999) e hidrogeológicos (Acuater, 2000; Eptisa, 2004), elaborados en fases anteriores del programa.

2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La hoja que tratamos está incluida en cuatro de los principales dominios fisiográficos de La Española (De la Fuente, 1976) (Fig.2.1):

- **La Península de Samaná** es, casi en su totalidad, una masa montañosa de materiales metamórficos, cuyo grupo principal de montañas se divide en “3 cerros paralelos”. (De la Fuente, 1976), sin constituir un relieve excesivamente escarpado. La presente Hoja se sitúa en el extremo oriental de la península. Su máxima elevación está en La Meseta con 605 m de altitud, resulta bastante modesta en comparación con la altitud alcanzada por la cordillera (Septentrional) en otras zonas. Se trata de un dominio fuertemente incidido por una densa red de drenaje, favorecida por el predominio de un sustrato de naturaleza metamórfica. En su litoral predominan la costa acantilada en el noreste y en el resto de la península la costa baja.

- **Llanura Costera de Sabana de la Mar** es una de las numerosas llanuras litorales de La Española. Se trata de una estrecha e irregular franja del litoral en la Bahía de Samaná, localizada al noreste de la Cordillera Oriental. Aparece como una planicie dispuesta a cotas inferiores a 15 m, al sur de la cual se alcanzan bruscamente los relieves de la cordillera. Posee una anchura variable, que alcanza su máximo valor en el ámbito del río Yaque del Sur, con 8 km. En su seno alberga diversas ciénagas, algunas de las cuales se encuentran protegidas por el cordón litoral de Sabana de la Mar, que con una dirección E-O y una longitud de 8 km, permite la individualización de la bahía de San Lorenzo dentro de la de Samaná. Su litoral posee un carácter predominante de costa baja, con desarrollo de manglares y playas.

- **La Cordillera Oriental.** La Cordillera Oriental es una alineación montañosa de dirección E-O, que desde un punto de vista orográfico constituye una ramificación de la Cordillera Central. Discurre en paralelo al mar Caribe y al océano Atlántico, pero mucho más próxima a éste, de cuyo litoral llega a formar parte (Fig. 2.2). Sus mayores elevaciones se localizan en sus extremos, alcanzando su máxima altitud en la loma El Pequito (869 m); a grandes rasgos, las elevaciones del sector oriental forman parte de la sierra de Yamasá, y las del occidental, de la sierra de El Seibo; en el sector centro-oriental, la peculiar orografía de la región de Los Haitises, a modo de plataforma intensamente

karstificada y suavemente basculada hacia el norte, hace que pierda la fisonomía como cordillera típica.

- En el ámbito de la Hoja, la cordillera evidencia su carácter abrupto pese a la proximidad del litoral atlántico, alcanzando su altitud máxima (330 m) a tan sólo 4 km de la línea de costa. En detalle está constituida por alineaciones menores de dirección NO-SE, separadas por ríos y arroyos que vierten sus aguas a la bahía de Samaná, de entre los que destaca con mucho el río Yabón.

- **Los Haitises** constituyen un dominio muy peculiar, a modo de plataforma degradada por una intensísima acción de los procesos de karstificación (Fig. 2.2), pese a lo que en un sentido estricto, debe considerarse como un subdominio de la Cordillera Oriental, con la cual se confunde en el paisaje. Sus máximas cotas, que sobrepasan 325 m coinciden con los restos de la superficie de la plataforma, integrados por la cumbre de una multitud de cerros (*hums* o *haitises*) entre los que se intercala un enjambre de dolinas, configurando un espectacular relieve en “caja de huevos” (*cockpits*).

En adelante se describen, en diferentes apartados de esta memoria, Los Haitises tanto la zona fisiográfica del Parque Nacional, como la parte noroccidental de la hoja, al norte de la Bahía de Samaná (por algunos autores denominado Sierra de Samaná), ya que desde el punto de vista geológico se considera la misma plataforma carbonatada de la Fm. Los Haitises, aunque en la actualidad estén separadas por la Bahía.

La fisiografía de la Hoja de Samaná a escala 1:100.000 queda definida por la presencia de la unidades diferenciadas como Península de Samaná, Los Haitises, Cordillera Oriental y Llanura Costera de Sabana de la Mar.

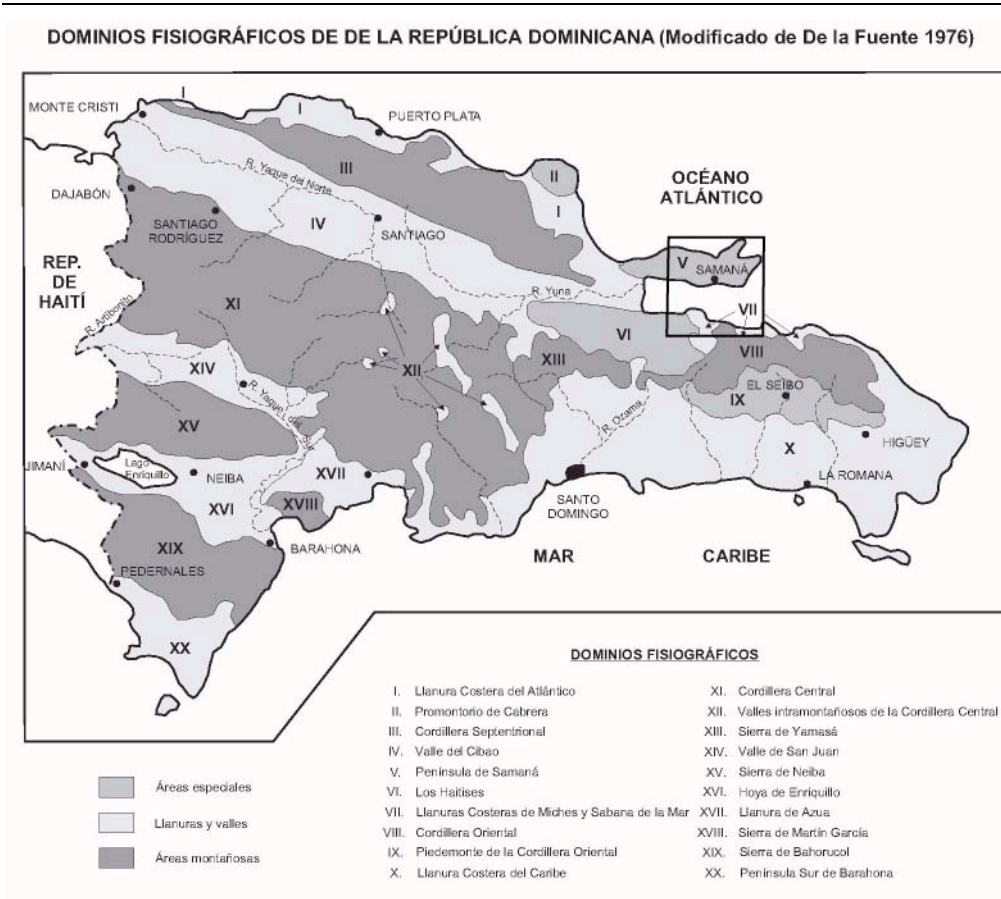


Fig. 2.1. Situación de la Hoja 6373 –Samaná- en los Dominios Fisiográficos de la República Dominicana. (Modificado de De La Fuente, 1976).

La Península de Samaná está limitada al sur por la Falla Septentrional, y los Haitises- la Llanura Costera de Sabana de la Mar en el norte de la Cordillera Oriental (Fig.3.1). La Cordillera Oriental forman parte de las principales alineaciones montañosas de la Isla de La Española y por tanto de la República Dominicana. Los Haitises abarcan una franja extensa de S a N, en el extremo occidental de la Hoja , con la Bahía de Samaná en medio, presentando la típica morfología de zona kárstica tropical, con estructuras en cockpit, o karst cónico, formadas por la intensa meteorización química a la que se hallan sometidos.

La red de drenaje es densa si no se encuentra sobre materiales carbonatados, está integrada por ríos y arroyos de corto recorrido y de carácter permanente, debido a la elevada pluviometría. El corto recorrido de los ríos se debe al predominante modelado kárstico. Los ríos vierten al Océano Atlántico, o bien a la bahía de Samaná. Algunos de ellos son Río San Juan, Limón, Cantón, Majagua y Tito. En la parte suroeste de la provincia se encuentra la región del Bajo Yuna, un humedal de gran importancia.

La red de drenaje muestra una geometría y un carácter fuertemente condicionados por la litología y la pendiente regional; no obstante, se observan condicionantes estructurales, como algunos segmentos rectilíneos y cambios de orientación al alcanzar fallas, elementos que además han favorecido los encajamientos existentes. Predominan los cursos fluviales con comportamientos de tipo consecuente, discurriendo a favor de la máxima pendiente regional, hacia la Bahía de Samaná o directamente al Atlántico; si bien para ello se ven favorecidos en buena parte de sus tramos por la litología y la estructura; estos factores también provocan cambios bruscos en la orientación en los elementos de la red de drenaje, que adopta patrones de tipo subsecuente. En general, la red posee una geometría de tipo dendrítico.

El clima es tropical, donde en todos los meses del año se dan temperaturas por encima de 18°C, con diferencia insignificante entre el mes más frío y el más caliente. Existen dos microclimas respecto a la pluviometría: en Samaná y en parte de la provincia de Hato Mayor se puede considerar tropical húmedo de bosque y en otros puntos de Hato Mayor tropical húmedo de sabana. La precipitación anual en la Sierra de Samaná y en los Haitises es mayor a los 2000 mm. Las temperaturas medias están entre 24° y 26°C.

En la región de Los Haitises, y otras zonas karstificadas como en el noreste de la península, el agua de lluvia aportada por las elevadas precipitaciones se infiltra directamente, incorporándose al acuífero correspondiente, a diferencia del resto de la zona, donde las precipitaciones se resuelven principalmente mediante escorrentía superficial, a favor de la densa red de drenaje.

La vegetación varía notablemente según los dominios e incluso dentro de ellos. La flora y la fauna varía en función de la existencia del bosque húmedo o la sabana. Así, la principal reserva de fauna y flora se encuentra en el Parque Nacional de Los Haitises, donde existen especies endémicas de la isla. Los árboles nativos son la Ceiba, el mangle blanco, mangle botón, mangle prieto, caoba, cedro, guayabos, cocoteros y la palma real.

Las principales vías de acceso a la Península de Samaná son la carretera nacional 5 que une las localidades de Sánchez con Santa Bárbara de Samaná y Las Galeras por el sector meridional y oriental de la península, y la carretera que desde las inmediaciones de Sánchez parte hacia Las Terrenas en dirección norte para dirigirse después hacia el este a El Limón y a Santa Bárbara de Samaná. La península es

accesible también mediante avión a los aeropuertos domésticos de El Portillo y Arroyo Barril, así como desde el recién inaugurado aeropuerto Internacional de El Catey.

Además, en la zona sur de la Hoja, la red de comunicaciones en este sector es muy deficiente, destacando las carreteras Hato Mayor-Sabana de la Mar y Sabana de la Mar-Miches, muy deterioradas, lo que sin duda dificulta el desarrollo del indudable potencial turístico de la zona. Además de ellas, las vías de comunicación consisten en diversas pistas y sendas, existiendo numerosas áreas de muy difícil acceso, como sucede en el Parque Nacional de Los Haitises donde no existe una red buena de comunicaciones, y cuyo acceso se realiza por mar.



Fig. 2.2. Modelo digital del terreno (Fuente MDT: SRTM) y situación de la Hoja de Samaná, mostrando los dominios fisiográficos.

3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

En el presente capítulo se trata el relieve explicando la disposición actual de sus distintas formas, buscando al mismo tiempo el origen de las mismas (morfogénesis). Se procede a continuación a la descripción de las distintas formas diferenciadas en la hoja, atendiendo a su geometría, tamaño y génesis; el depósito que acompaña a algunas de estas formas (formaciones superficiales), será el objeto del capítulo 4.

El análisis morfológico puede abordarse desde dos puntos de vista: morfoestructural, en el que se analiza el relieve condicionado por la litología y estructura del sustrato geológico, en función de su litología y su disposición estructural; y morfogenético, considerando las formas resultantes de la actuación de los procesos geomorfológicos externos.

3.1. Estudio morfoestructural

El relieve de la zona está condicionado en gran medida por la naturaleza y la disposición de los materiales que la conforman. Las principales unidades morfoestructurales de la hoja son: Península de Samaná (Cordillera Septentrional), la Bahía de Samaná que es la prolongación en esta zona oriental de La Española, de la Cuenca del Cibao, y la Cordillera Oriental con Los Haitises y la Llanura Costera de Sabana de la Mar) (Figs. 2.2 y 3.1).

La Cordillera Septentrional se estructura como parte de la placa tectónica del Caribe, limitada por una gran falla al sur, que se denomina la Falla Septentrional, con una dirección general NO-SE (Fig. 3.1), siendo la dirección estructural general del basamento de la Cordillera ONO-ESE. En Península de Samaná se encuentran fragmentos de rocas de un basamento metamórfico del mesozoico y rocas sedimentarias del Terciario-Cuaternario (Fig. 3.2). Los materiales mesozoicos se presentan con direcciones tectónicas previas al Mioceno y con una acusada dirección del relieve provocada al exhumarse y aparecer sobre el nivel del mar como parte de islas.....condicionando a la vez la disposición de los materiales plio-pleistocenos tanto carbonatados como silicilásticos. En la Cordillera Oriental los materiales ígneo-metamórficos se alzan a favor de alineaciones de origen tectónico. Por el contrario, el relieve de los materiales plio-pleistocenos de Los Haitises de origen marino, está

condicionado por la morfología de la plataforma carbonatada que ocupaba la región durante dicho periodo.

Sobre la morfoestructura construida sobre los materiales anteriores, han actuado con mayor o menor eficacia las morfogénesis fluvial, lacustre-endorreica, marina-litoral, gravitacional, poligénica y por meteorización química (sobretudo kárstica).

El resultado actual de la estructura general en la Hoja está dominada por numerosas fallas frágiles de movimiento reciente, con expresión morfológica e incluso con sismicidad asociada, afectando a los materiales del Neógeno y Cuaternario.



Fig. 3.1.- Principales unidades Morfotectónicas de La Española según Lewis y Draper (1991).

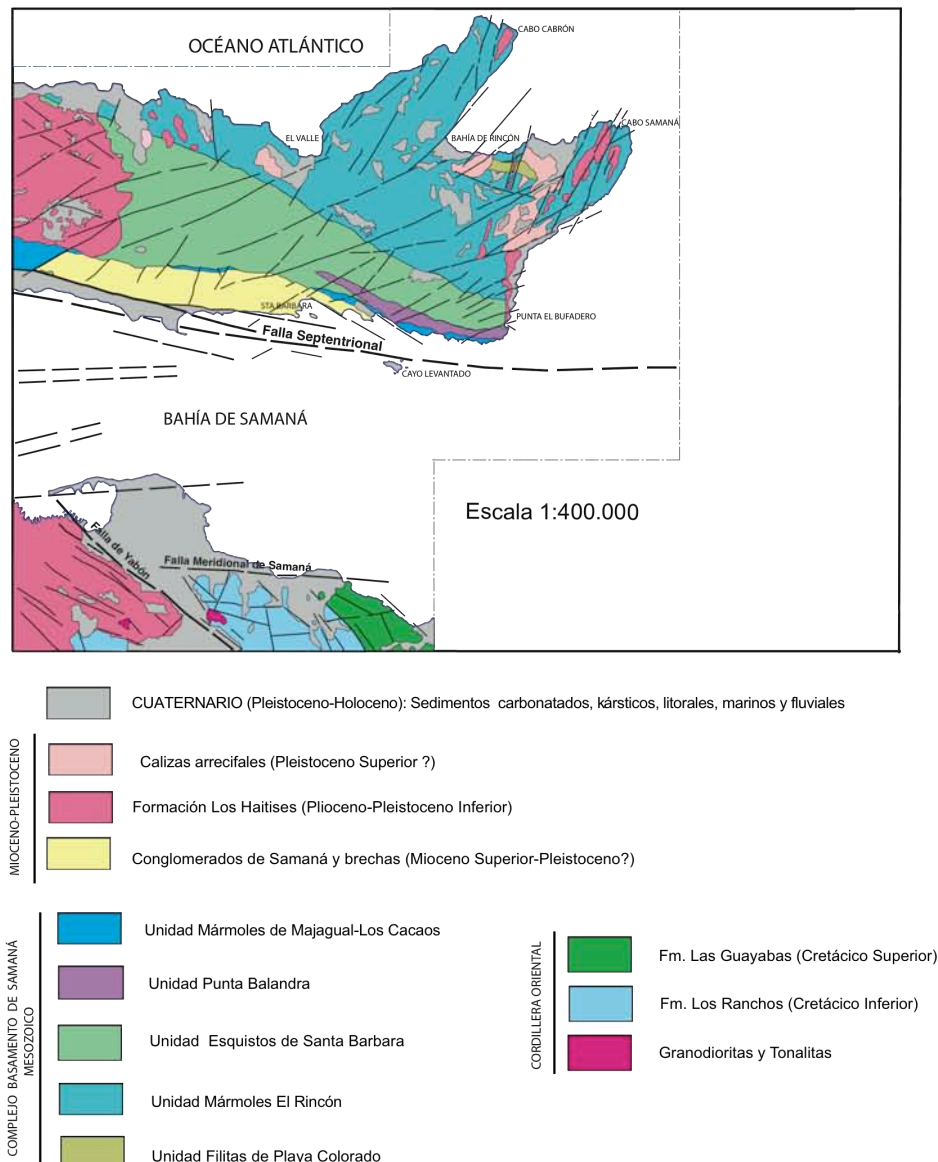


Fig. 3.2. Esquema geológico de la Hoja de Samaná (N° 6373).

3.1.1. Formas estructurales

En el ámbito de la Hoja existe una densa red de fracturación. Algunas de estas fracturas presentan una clara expresión morfológica, diseminadas tanto por la Península de Samaná como en la Cordillera Oriental, destacando las que existen en los límites de la Bahía de Samaná y en el límite de la Cordillera Oriental con la Llanura Costera de Sabana de la Mar. En numerosos tramos condicionan segmentos de la red fluvial o en algunos cambios bruscos de pendiente en los perfiles longitudinales de los ríos. La morfogénesis estructural también ha favorecido la acción posterior de otros procesos geomorfológicos, como por ejemplo, los procesos de meteorización química

como es el caso de Los Haitises. Pese a la elevada velocidad con que la meteorización elimina o enmascara algunas formas, existen algunas formas estructurales visibles, entre ellas:

Las fallas con expresión morfológica se agrupan en torno a la familia principal NO-SE, NE-SSE, y otras con orientaciones cercanas E-O. Además de condicionar el reparto de bloques elevados o hundidos, condicionan el encajamiento de la red fluvial (en la cartografía geomorfológica valles de fractura) y la orientación preferente de la karstificación (Foto 1). Corresponden a fallas normales, y desgarres (fallas con salto en dirección) de longitud kilométrica. Entre ellas la más importante es la Zona de Falla Septentrional situada al sur de la península, con una dirección ONO-ESE a O-E, que presenta un movimiento neógeno de *desgarre sinestral inverso*, produciendo el levantamiento de la península (escarpe de falla con indicación de bloque hundido) y su basculamiento hacia el norte (Fig. 3.3). Con esta misma dirección existen otras fallas en la Bahía de Samaná y al sur de la misma, como la Falla Meridional de Samaná.



Foto 1.- Valle de fractura. Entre la Loma Atravesada y La Meseta, hacia Puerto Escondido, sobre Los Mármoles del Rincón.



Fig. 3.3.- Situación de la Falla Septentrional en el sur de la Península de Samaná, sobre modelo digital del terreno, produciendo el levantamiento del bloque norte de la falla.

Otra falla importante es la Falla del Yabón, es una falla de *salto en dirección* sinistral, que en el sector meridional de la Hoja separa un bloque constituido por afloramientos cretácicos, al este, de otro cubierto en buena medida por las rocas plio-cuaternarias de Los Haitises. Entre ambos bloques, el río Yabón se abre paso a la Llanura Costera de Sabana de la Mar, pero en cualquier caso, la expresión de la falla es sensiblemente inferior a la de zonas surorientales (Fig. 3.2).

En ocasiones, las fallas se encuentran bajo depósitos cuaternarios sin afectarlos, habiéndose representado como fallas supuestas. A ellas corresponden algunos límites entre la cordillera y la llanura costera, y otras en la península.

Las morfologías condicionadas por la distinta resistencia ofrecida por los materiales aflorantes a la erosión o formas litoestructurales, están representadas por la superficie estructural degradada en la esquina suroeste de la Hoja, constituida por el techo de la Fm. Los Haitises, si bien es probable que haya podido ser retocada como plataforma de abrasión (Foto 2). Aunque poco perceptible sobre el terreno, existe un evidente basculamiento de dicha superficie hacia el NE.

También se han representado, especialmente en el sector noroccidental, escarpes estructurales relacionados con la distinta resistencia a la meteorización ofrecida por Los Haitises y/o retoques por abrasión marina de esta plataforma carbonatada.



Foto 2.- Superficie estructural degradada de Los Haitises, en la zona de Arroyo Surdio-Monte Negro, al Noroeste de la Hoja.

3.2. Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Península de Samaná, por una parte, la Bahía de Samaná, la Cordillera Oriental, Los Haitises y la Llanura Costera de Sabana de la Mar tienen como resultado una expresión sensiblemente diferente. Así, el modelado de la Cordillera Septentrional-Península de Samaná es el producto de una larga evolución geodinámica presidida por procesos, sedimentarios y tectónicos desde el Cretácico al Mioceno. Desde el Mioceno hasta la actualidad los procesos tectónicos volvieron a generar un relieve positivo sobre el que han actuado, con mayor o menor efectividad, diversos procesos morfogenéticos modeladores, destacando los de carácter fluvial, marino-litoral y meteorización química.

El modelado de la Cordillera Oriental es el producto de una larga evolución presidida por los procesos ígneos, sedimentarios y tectónicos acaecidos a lo largo del periodo Cretácico-Terciario, generadores de relieves positivos, sobre los que han actuado igualmente, agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o al modelado de dichos relieves, destacando los de carácter fluvial y poligénico, así como la meteorización química.

En el caso de la Bahía de Samaná su modelado es el producto de procesos tectónicos y sedimentarios recientes (rellenos sedimentarios marino-continentales) acaecidos a lo largo del Terciario-actualidad. En la Llanura Costera de Sabana de la Mar, son los procesos marino-litorales los condicionantes fundamentales de su aspecto actual, aunque también han influido los procesos de origen fluvial y lacustre-endorreico.

Puede remarcar que la evolución más reciente del modelado en toda la Hoja además de los anteriores, también han participado en la construcción del relieve actual los procesos gravitacionales y antrópicos. No obstante, tras un periodo tendente a la nivelación por la acción combinada de erosión y sedimentación, la actual tendencia fluvial es la erosión fluvial remontante e incisión de las redes de drenaje. Esta tendencia implica que el relieve de la zona y el de la Isla La Española presenta un levantamiento tectónico activo, un nivel de base de los ríos más bajo que hace miles de años y una dinámica de retroceso en las vertientes.

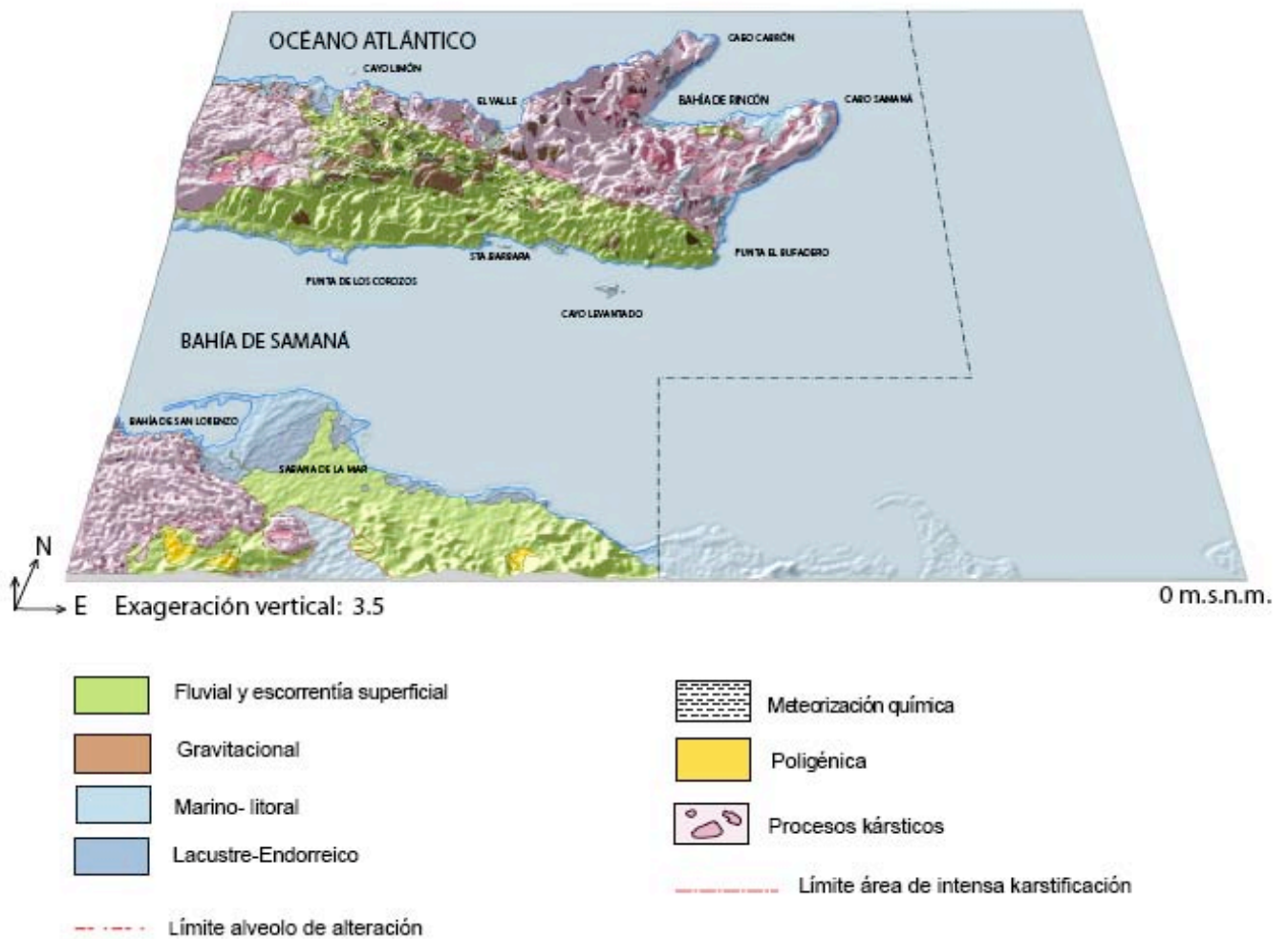


Fig. 3.4.- Esquema de Unidades Morfogénicas de la Hoja N° 6373 (Samaná) sobre imagen digital del terreno (MDT). Escala 1:400.000.

3.2.1. Formas gravitacionales

Pese a los desniveles existentes en el ámbito de la Península de Samaná, y de la Cordillera Oriental no se trata de formas extendidas, ya que el importante retroceso de las vertientes y la intensa dinámica fluvial actúan en contra de su preservación y provoca su permanente evolución. Las formas más frecuentes y cartografiadas en la zona norte de la Hoja son coluviones, deslizamientos, movimientos de masa complejos, flujos, derrumbes y laderas con reptación

Los *coluviones* cartografiados son escasos. La intensa erosión fluvial y la importante presencia de mantos de alteración hacen difícil su desarrollo e identificación

respectivamente. *Los derrumbes o avalanchas* también son escasos. Estas formas se encuentran en varias zonas de los acantilados del noreste de la península y en la zona del Río Cantón.

La importancia de los procesos de *creep* o reptación se han querido poner de manifiesto en la cartografía mediante la delimitación de *laderas con reptación*. Estos procesos gravitacionales se manifiestan principalmente en zonas de relieve medio y bajo sobre el sustrato de la Unidad de Esquistos de Santa Bárbara o en algunas zonas sobre la Unidad Mármoles del Rincón; Se trata de pequeños y lentos movimientos en las partes altas de las laderas sobre materiales no consolidados, (ya sea suelo o regolito) (Foto 3).



Foto 3.- Efecto de inclinación en la base del tronco de las palmeras por procesos de *creep* o reptación, en laderas sobre sustrato carbonatado.

Los *movimientos en masa* dentro de esta hoja son un proceso geomorfológico poco abundante, predominando en la Península de Samaná. Al tratarse de una zona tropical húmeda y con relieve, los movimientos en masa y sus superficies de deslizamiento, se colonizan rápidamente por la vegetación; este hecho dificulta su reconocimiento y cartografía. Los movimientos en masa de esta hoja afectan tanto a suelos, al regolito, como a las diferentes rocas del sustrato de la Unidad Esquistos de Santa Bárbara (micaesquistos, calcoesquistos y cuarzoesquistos, con intercalaciones de mármoles) y en algunos casos, como los de tipo *flujo*, afectan a la Unidad Mármoles del Rincón. El mayor desarrollo de estas morfologías se asocia a las zonas con elevadas pendientes, y relacionadas con fracturas recientes. Los factores desencadenantes de estos

procesos deben estar relacionados con las abundantes precipitaciones y la intensa actividad sísmica presente en La Española.

Los diferentes tipos de *movimientos en masa* cartografiados son: *deslizamiento indiferenciado, movimiento en masa complejo, flujo-lóbulo o colada de solifluxión*

En relación con algunos movimientos en masa, se han cartografiado sus *cicatrices* (superficies de deslizamiento aflorantes) y *fracturas de tensión* (grietas de tracción). En numerosas ocasiones no se han podido identificar todos los elementos de un mismo movimiento en masa, pudiéndose cartografiar o bien su cicatriz y no su masa deslizada, o al revés; se encuentran en el sector entre Juana Vicente y Hato Viejo en la zona central de la península.

3.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial

Son formas que representan el 50% del modelado en esta hoja. Muestran cierta variedad, tanto de formas erosivas como sedimentarias, constituyendo una buena parte de la superficie de la Llanura Costera de Sabana de la Mar y de la depresión de El Valle al sur, así como una amplia zona de la península entre la Punta El Bufadero al oeste, hasta Los Róbalos al sureste y El Limón al norte. Es decir, en general se encuentran en las zonas donde el sustrato no es carbonatado.

Destaca la extensión de los *abanicos aluviales de baja pendiente*, que orlan la Cordillera Oriental al sur de la hoja, y los situados en la península, al sur del relieve originado por la Falla Septentrional entre las localidades de Majagual (al E) y Los Cocos (al O), los cuales presentan un dispositivo coalescente (Foto 4). Así como *los abanicos aluviales, de alta pendiente*, diseminados por los diferentes valles fluviales de la hoja.

Los principales ríos de la hoja son el Yabón, Capitán, Honduras y Catalina, además del arroyo Piedra en el sector sur, y en la Península de Samaná los ríos San Juan, Limón, Cantón, Majagua y Tito. A estos cursos fluviales se asocian gran variedad de formas: *fondo de valle, llanura de inundación, terrazas, cauces y meandros abandonados, y abanicos alta pendiente y conos de deyección menores.*



Foto 4.- Punta Vieja Lora. El arrecife coralino se encuentra en la zona de pradera y hacia atrás los abanicos aluviales de baja pendiente originados a partir del relieve creado por la Falla Septentrional.

Los *fondos de valle* son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual, son formas estrechas y alargadas que coinciden con el canal de estiaje. Sus depósitos están relacionados con la alternancia de procesos fluvio-torrenciales y gravitacionales. Los fondos de valle más destacados, son los del río Yabón, Capitán, Honduras y Catalina, además del arroyo Piedra, al sur de la Bahía de Samaná y, al norte de la misma, destacan los fondos de valle de los ríos San Juan, Limón, Cantón, Majagua y Tito, junto con multitud de arroyos que vierten sus aguas directamente al océano en la Bahía de Samaná o bien son distributarios de los ríos anteriores.

Los ríos citados poseen *llanura de inundación* acorde con su envergadura, destacando la del río Yabón, cuya anchura llega a sobrepasar 1 km junto a su desembocadura, donde además existen *cauces* y *meandros abandonados*, que denotan la deriva del cauce. Menor desarrollo alcanzan las *terrazas*, restringidas a los ríos Yabón y Capitán en el sur; poseen cotas inferiores a +10 m sobre el cauce actual, considerándose, de modo informal, terrazas bajas. Y en la península, también presentan terrazas bajas los ríos San Juan y el Arroyo Pozo Hondo subsidiario del Río Limón.

Sin duda, las formas fluviales recientes más relevantes son *los abanicos aluviales de baja pendiente* que constituyen una orla de la cordillera Oriental de anchura superior a 10 km, merced a su dispositivo coalescente. En el paisaje aparecen como grandes planicies, de pendiente prácticamente imperceptible, destacando por sus dimensiones el del río Yabón, con una longitud de 5 km. Su depósito se produce en la salida de los ríos y arroyos de la cordillera Oriental hacia la llanura, en la cual la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose. Además de los aludidos, localizados en la Llanura Costera de Sabana de la Mar, se constata la existencia de *abanicos aluviales* en la depresión de El Valle, que además de diferente composición, poseen una pendiente más elevada.

Las formas fluviales erosivas son abundantes, entre ellas se han reconocido marcas de *incisión lineal* sobre los materiales mesozoicos y miocenos. La intensidad de los procesos de incisión fluvial se observa en la práctica totalidad de la zona, dando lugar a: *saltos de agua y cascadas*, como las del Río Limón (Foto 5), en la zona noreste de la Hoja; *rápidos, gargantas, cañones; divisorias montañosas*, con representación en las zonas de mayor relieve; y *cárcavas*, en muchos puntos de la hoja. Además de *aristas y escarpes de terraza*.

La red de drenaje es densa, integrada por cortos ríos y arroyos de carácter permanente debido a la elevada pluviometría. Predominan los cursos fluviales con comportamientos de tipo consecuente, discurriendo a favor de la máxima pendiente regional, hacia la Bahía de Samaná o hacia el Atlántico en el norte; si bien para ello se ven favorecidos en buena parte de sus tramos por la litología y la estructura; estos factores también provocan cambios bruscos en la orientación en los elementos de la red de drenaje, que adopta patrones de tipo subsecuente. En general, la red posee una geometría de tipo dendrítico. En la región de Los Haitises se produce una pérdida de drenaje prácticamente total, así como en el noreste de la península.



Foto 5.- Cascada principal del Río Limón.

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 la Cordillera Oriental y la Península de Samaná, 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 ella; y la tendencia a la colmatación-desección de las áreas pantanosas y manglares de las llanuras costeras.

3.2.3. Formas lacustres y endorreicas

Se trata de *áreas pantanosas* diseminadas por la Llanura Costera de Sabana de la Mar, y por el norte de la Península de Samaná, destacando de oeste a este las áreas pantanosas de la Ciénaga de La Barbacoa (Foto 6) , de la llanura costera del Río Limón, de la llanura del Río San Juan (Puerto de El Valle) y las existentes en la llanura costera de Bahía Rincón. Además, al este de la localidad de Santa Bárbara de Samaná se encuentra el área pantanosa de la Bahía Carenero. Son zonas de drenaje muy deficiente y con una clara tendencia al encharcamiento, debido a sus bajas pendientes, con abundante vegetación. Destaca por sus dimensiones la existente al oeste de Sabana de la Mar, de más de 7 km de longitud. En algunos casos parecen

constituir la evolución de antiguas lagunas costeras, dentro de la tendencia ascendente generalizada de la región. Además, en la península existen algunas *lagunas permanentes* como en la zona de desembocadura del Río Cantón.



Foto 6.- Detalle de la Ciénaga de La Barbacoa, al Noroeste de la Hoja, con presencia de suelos negros.

3.2.4. Formas marinas-litorales

Se distribuyen por toda la costa, en algunas zonas interiores de la Península de Samaná y por la Llanura Costera de Sabana de la Mar, donde se reconoce un variado cortejo integrado por playas, manglares-marismas, cordones y flechas litorales, construcciones biogénicas, deltas, acantilados, acantilados fósiles y varios niveles de plataformas de abrasión. Además, la superficie estructural degradada del techo de la Fm Los Haitises, posiblemente constituye los restos de una plataforma de abrasión, igualmente degradada.

Una de las formas más extendidas del litoral son las marismas-manglares, áreas sometidas a la acción de las mareas. Dentro de ellas se han distinguido los *manglares bajos* o *marismas bajas* que son las zonas afectadas por las mareas diarias, y las *marismas altas* o zonas afectadas por las mareas excepcionales (Foto 7). Las primeras alcanzan una notable extensión al oeste de Sabana de la Mar, presentando buenas condiciones de observación en Caño Hondo. También existe *manglar bajo* de

menor entidad a lo largo de la costa norte de la Península de Samaná, como en la zona del El Estillero, El Valle y Las Galeras.



Foto 7.- Depresión, zona de marisma en el entorno del Aeropuerto de El Portillo, en la esquina Noroeste de la Hoja.

Las *marismas altas* o *manglar alto* se localizan en el extremo oriental de Sabana de la Mar y en otras zonas del N de la península, como las que existen en la desembocadura del Río Limón, en la zona de Bahía Rincón y en Las Galeras con destacado desarrollo, además de otras de menor entidad en al zona sur de la península entre las localidades de Los Corrales y La Pascuala. Su funcionalidad ocasional hace que puedan parecer marismas abandonadas por la acción marina.

Las *playas* se encuentran diseminadas por la costa a lo largo de toda la Hoja, tratándose en general de formas estrechas, con una anchura de orden decamétrico e incluso inferior, siendo la más relevante en el sector meridional (costa baja) la desarrollada en el frente del *cordón litoral* de Punta Capitán. Éste posee más de 2 km de longitud y una altura inferior a 6 m, estando colonizado por un palmeral; hacia el interior protege un área pantanosa. En la península destacan las playas en el norte, prácticamente continuas desde Las Terrenas-Punta Carolina hasta Boca del Río Limón, también es importante la playa de Las Canas-Punta Berto (Foto 8), la playa de Puerto de El Valle, la playa de Bahía Rincón y las existentes en la zona de Las Galeras. Estas playas presentan en general un *cordón litoral* en su parte trasera con diferentes longitudes y alturas (Foto 9); en el caso de la Bahía Rincón existen dos

cordones litorales, el más interno se encuentra degradado y vegetado considerándose inactivo, y el situado justo detrás de la playa es activo. Por el contrario, en el sur de la península las playas que dan a la Bahía de Samaná son pequeñas en extensión y anchura y se presentan de forma discontinua, sólo presenta un cordón litoral la playa de Bahía Carenedo.



Foto 8.- Playa de Las Canas, al norte de la Península de Samaná.



Foto 9.- Cordón litoral sobre la Playa de Morón, al este de la Boca del Río Limón, N de la Península de Samaná

En cualquier caso, la forma más destacada de toda la zona meridional de la hoja es la *flecha litoral* de Sabana de la Mar (Foto 10) , que con una geometría a modo de gancho abierto hacia el oeste, alcanza una longitud de más de 8 km; está constituida por una sucesión de dunas orientadas según la orientación de la *deriva litoral* y del viento dominante. En el sector oriental protege una zona de áreas pantanosas y manglares, en tanto que hacia el oeste permite individualizar la bahía de San Lorenzo como un subdominio de la bahía de Samaná.

Cabe señalar la existencia de pequeños deltas, unos situados en el extremo más noroccidental de la Hoja los cuales parecen funcionales, y al sur el delta existente en la antigua desembocadura del río Yabón, de área inferior a 1 km², actualmente carente de funcionalidad al haberse desplazado el curso del río hacia el norte, a favor de su actual cauce.



Foto 10.- Flecha de Sabána de la Mar y en primera instancia un cayó.

Las *construcciones biogénicas* se encuentran bien desarrolladas en algunos puntos de la costa de Samaná, destacando las que se encuentran en la zona sur, limitando con la bahía, desde la Punta Vieja Lora al este hasta Punta Los Caseros al oeste, adquiriendo buen desarrollo en la Punta Mangle y en la Punta de los Corozos (Foto 11). También se encuentran repartidas por diferentes afloramientos en el norte de la península, con desiguales desarrollos, desde Punta El Estillero a Punta Lanza del Norte, desde Punta Las Galeras a Punta El Pesquero de Francisco y entre Cabo Samaná- Puerto el Frontón hasta Bahía Francés en el este.



Foto 11.- Punta de Los Corozos (Google).

Estas construcciones biogénicas, que se han representado en el Mapa Geomorfológico, son calizas con corales cuaternarias que pueden integrarse dentro de la Fm. Isabela (Pleistoceno Superior-Holoceno) (Braga, 2010), interpretadas principalmente como facies bioconstruidas de armazón arrecifal. En el tramo más oriental, entre Cabo Samaná- Puerto el Frontón hasta Bahía Francés estas construcciones arrecifales son parches discontinuos depositadas sobre el sustrato precuaternario y además se encuentran formando parte de la primera plataforma de abrasión o rasa hasta el acantilado actual, situado entre los 0-20 metros sobre el nm.

Por otro lado, se han cartografiado varios niveles de *plataformas de abrasión*, en el extremo nororiental de la hoja y, casi siempre acompañados de *acantilados fósiles* a diferentes alturas; siempre con un basculamiento más o menos acusado hacia el N-NE; su cartografía se ha realizado por la cota que presentan y el grado de conservación de las mismas (más o menos degradadas). Exceptuando la posible plataforma de abrasión de los Haitises (Foto 12), que no ha sido representa como tal, aunque probablemente constituye los restos de una rasa degradada; todas las demás rasas se encuentran labradas sobre diferentes materiales precuaternarios y cuaternarios.



Foto 12.- Superficie de Los Haitises (posible plataforma de abrasión o rasa degradada) en la zona de Sabana de la Mar- Parque Nacional de Los Haitises.

Se han diferenciado en total 13 rasas, 7 rasas a diferentes cotas sobre el nm. y, otras 6 rasas degradadas, que en parte coinciden con algunas de las primeras y en otras ocasiones no. La más alta (rasa 8 degradada) se sitúa sobre Los Mármoles del Rincón a +260-300 m, situada en el interior, en la Loma Los Guanos- Laguna del Diablo y en las inmediaciones de Loma El Caballo. Las siguientes son la “rasa 7” y “rasa 7 degradada” que se encuentran a + 220-240 m, tanto en la zona de Cabo Cabrón como en el interior en las proximidades de La Loma el Chaparral.

Las otras plataformas de abrasión se sitúan aproximadamente respecto al nm. actual a: +160-220 m (rasa 6) , +120-140m (rasa 5), +100-120m (rasa 4), +60-80 m (rasa 3), +20-40m (rasa 2) y +3-20 m (rasa 1). Las rasas numeradas de 9 a 12 están degradadas y se encuentran en los promontorios de Cabo Cabrón y Cabo Samaná- El Frontón (Foto 13 y 14), en ellas se observa claramente el basculamiento que tiene la península hacia el N-NE, y de ahí que sus cotas ocupen un rango más amplio que en otros puntos, ya que se consideran superficies de abrasión basculadas.



Foto 13.- Desde el oeste de Bahía Rincón hacia la zona de Loma Frontón-Cabo Samaná se observan varios niveles de plataformas de abrasión o rasas, basculadas hacia el Norte (líneas rojas).



Foto 14.- Desde el sureste de Bahía Rincón hacia la zona de Loma de Cabo Cabrón se han remarcado varios niveles de plataformas de abrasión o rasas, basculadas hacia el Norte (líneas blancas).

De la situación anteriormente descrita de las plataformas de abrasión, junto con los afloramientos de Calizas de los Haitises sobre el sustrato mesozoico en la zona de los promontorios de Cabo Cabrón y Cabo Samaná (Fig. 3.2), podemos indicar que, en la evolución más reciente de este sector de la península, inicialmente emergieron una serie de islotes compuestos por las rocas mesozoicas (Unidad Mármoles del Rincón....) entre los cuales, al menos, existió un paso o canal marino, que separaría al oeste la península (desde la zona de Punta La Palometa-Pta El Bufadero, hasta La Cañada del Torito) y, al este quedaría la zona de Cabo Samaná. Este paso marino se constata también porque el promontorio de Cabo Samaná presenta escarpes de acantilados fósiles tanto al este como al oeste, indicando que se trataba de una isla en ascenso y erosionada por el mar. Posteriormente el paso marino entre las inmediaciones de Cuatro Ojos hasta Las Galeras se rellenaría con sedimentos carbonatados del Pleistoceno Superior-Holoceno hasta cerrarse al mar por la sedimentación y el levantamiento que sufre la Isla Española.

De la interpretación de las facies de Los Haitises y sus relaciones espaciales descritas por otros autores, y su posición con respecto al sustrato pre-neógeno, se puede deducir un modelo sedimentario en el que sobre el sustrato metamórfico, y probablemente rodeando algunos promontorios emergidos, se instaló directamente una plataforma carbonatada

Estas ideas podrían complementar la evolución paleogeográfica del sector oriental de La Española durante el Plioceno-Cuaternario, expresada por Díaz de Neira *et al.*, (2007), en su trabajo de la evolución geomorfológica de la Cordillera Oriental.

Del estudio en detalle de las plataformas de abrasión existentes en esta zona de la Hoja se podría deducir con precisión la evolución más reciente del área. Supuestamente, este ambiente marino se iniciaría con una serie de islotes del sustrato mesozoico emergidos, alrededor de los cuales se origina por un lado, la instalación de las plataformas carbonatadas (Fm. Haitises) y posteriormente las construcciones arrecifales de la Fm. Isabela que se observan en la zona, y al mismo tiempo, al producirse el levantamiento de dichos islotes y sedimentos asociados, se originan los acantilados fósiles y las diferentes rasas observadas. Sin olvidar que la disposición escalonada se debe a la interacción de las oscilaciones del nivel del mar global (nivel eustático, que al menos durante los últimos 500.000 años ha sufrido cambios drásticos) y el levantamiento del sustrato. Este estudio se debería completar con dataciones pertinentes para concretar en el tiempo esta evolución.

Los *acantilados* son formas erosivas que presentan las costas rocosas, destacan en el sector nororiental de la península donde la costa es de tipo estructural, entre el Puerto de El Valle, Punta Tibisi (Foto 15), Cabo Cabrón hasta la Bahía Rincón, y de igual forma entre Cabo Samaná y Punta Balandra. En la zona de los promontorios los acantilados se han formado sobre la Unidad de los Mármoles del Rincón, presentan desniveles variables entre más de 100 m en algún caso, hasta inferiores a los 25 m. También aparecen, aunque con menos rango de desnivel, desde Punta Balandra a la proximidades de Santa Bárbara de Samaná.

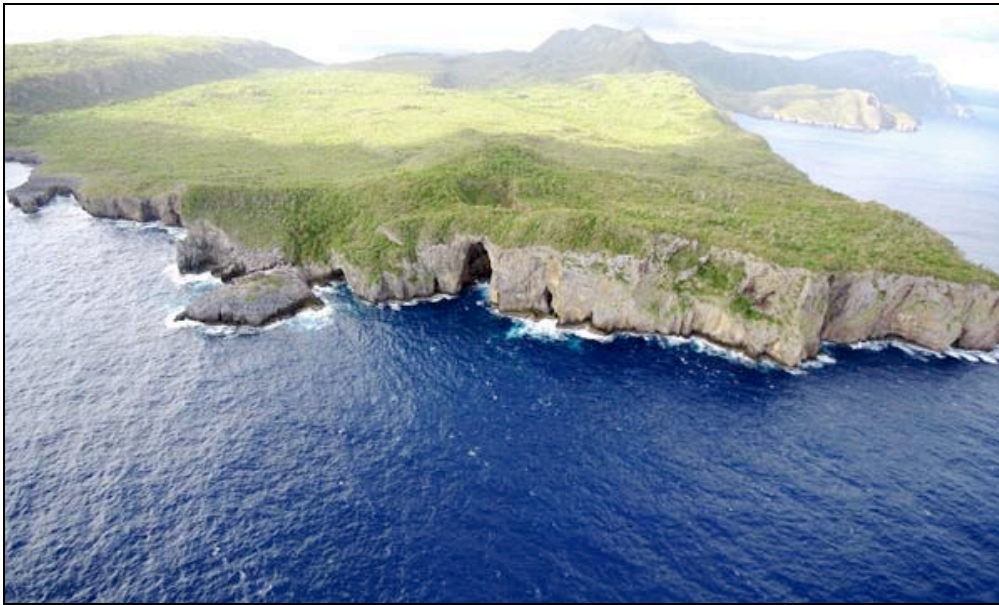


Foto 15.- Punta Tibisi (Google). Acantilados actuales, acantilados fósiles, rasas y detrás de la cueva se puede observar un colapso kárstico sobre los Mármoles del Rincón.

Por otro lado, aunque en el sector meridional de la Hoja (Llanura de Sabana de la Mar) predomina el carácter de costa baja, existen diversos *acantilados*, destacando los de Las Cañitas, con más de 20 m de desnivel en algún caso, y los de la región de Los Haitises. Estos poseen una fisonomía peculiar, encontrándose interrumpidos por numerosos entrantes marinos correspondientes a antiguas dolinas, actualmente colonizadas por el manglar.

Además de los acantilados actuales, resaltamos la existencia de *acantilados fósiles*, destacando todos los relacionados con las diferentes plataformas de abrasión o rasas que se han cartografiado en el sector nororiental de la Península de Samaná. Estos presentan diferentes alturas o desniveles respecto al nivel del mar actual, yendo desde los 300 metros de desnivel a los 40 metros sobre el nm. Aunque existen algunos

escarpes de origen marino que no preservan la rasa. También se debe hacer mención al escarpe frontal (representado como escarpe estructural) en la zona más occidental de la Hoja (entre la localidad de Monte Negro-Río Limón) que presenta la Fm. Los Haitises, a una cota de +200 m, el cual podría corresponder con un acantilado fósil, teniendo en cuenta el levantamiento de la Península de Samaná y su basculamiento hacia el norte desde el Neógeno hasta la actualidad.

Por último, en la zona meridional de la hoja, el *acantilado fósil* más evidente es el constituido por el escarpe frontal de la región de Los Haitises entre Caño Hondo y Palmarito; teniendo en cuenta la tendencia generalizada a la elevación de La Española y en particular de la Cordillera Oriental, así como la estimación de edades para los depósitos fluviales y endorreicos de la Llanura Costera de Sabana de la Mar, resulta evidente que durante el Pleistoceno Medio-Superior dicho frente se encontraría sometido a la acción marina.

3.2.5. Formas por meteorización química

Las formas debidas a procesos de meteorización química en rocas carbonatadas, cristalinas y silíceas, en zonas tropicales, se encuentran ampliamente extendidas en la Hoja de Samaná, sobretodo por el desarrollo de los procesos kársticos (que ocupan más del 50% de la hoja), y por el de los mantos de alteración que afectan a materiales cretácicos.

La región de Los Haitises, tanto al sur como al norte de la Bahía de Samaná, se configura como un *área con intensa karstificación*, a modo de *campo de grandes dolinas (cockpit)* de forma elipsoidal, orientadas en dirección NO-SE. La simple observación de un mapa topográfico da idea de su impresionante densidad, con ejes mayores que pueden superar 500 m y profundidades de hasta 100 m. En cualquier caso, cuando sus dimensiones lo han permitido, las *dolinas* han sido representadas de forma individualizada.

En la parte de Los Haitises que no pertenecen al Parque Nacional, al norte de la Bahía de Samaná, la intensa karstificación también ha dejado, además del ya citado campo de grandes dolinas o karst tropical (*cockpit*) (Foto 16), otras formas destacadas como son el *Paleo-poljé* que se extiende entre las localidades de La Hormiga-La Guazara-Rancho Español y los *travertinos o tobas calcáreas* como las que se observan en las cascadas del Río Limón (Foto 17).



Foto 16.- Karst tropical (*cockpit*), con morfologías de mogotes (*hums*). Parque Nacional de Los Haitises.



Foto 17.- Travertinos o tobas calcáreas en la Cascada del Río Limón.

El antiguo Poljé de La Guázara tiene un tamaño entre 8 y 9 km² y se encuentra limitado por varias fallas de orientación NE-SO y NO-SE; Se ha denominado antiguo poljé o paleo-poljé porque en este momento es una depresión kárstica, pero la evacuación del agua superficial ya no la realiza a través de un sumidero o ponor, si no que tiene salida superficial al Río Limón a través del Arroyo Pozo Hondo, aunque se supone que previamente actuó como un poljé y la erosión remontante de los ríos ha

capturado sus aguas superficiales. En su interior circulan tres arroyos, siendo el más importante el Arroyo Pozo Hondo (tributario del Río Limón), el cual presenta una terraza fluvial en su margen izquierda y una llanura de inundación desarrollada. Dentro de esta depresión se encuentra la Laguna de Juan García y otras de menor entidad. Por su parte la disolución del macizo calcáreo, ha dejado en el interior de esta depresión los típicos relieves kársticos o montículos (mogotes) o *hums (haitises)* a modo de relictos del macizo de los Haitises.

Al sur de la hoja y en el borde de la región de Los Haitises, la disolución vertical se ha detenido al alcanzar el sustrato impermeable integrado por los materiales volcánicos de la Fm Los Ranchos, los cuerpos intrusivos granodiorítico-tonalíticos o los niveles margosos de la Fm Cevicos, con lo que la disolución ha dado lugar a un retroceso lateral del macizo calcáreo, desarrollándose típicos *montículos o hums (haitises)* a modo de relictos del macizo; en un estado evolutivo menos maduro existen *áreas con dolinas y hums* en proporciones similares. Cuando los mogotes aparecen como islotes debido al ascenso relativo del nivel del mar, configuran cayos, como el de Willy.

El espectacular modelado kárstico de Los Haitises no se restringe a la superficie, sino que existe un notable desarrollo endokárstico, pudiendo señalarse por su accesibilidad las *cuevas* (Foto 18) localizadas en el litoral al oeste de Caño Hondo, con todo un cortejo de formas asociadas, como estalactitas, estalagmitas, ventanas, etc.

Por otro lado en la península los procesos de karstificación tanto exokársticos como endokársticos se extienden en la zona nororiental sobre todos los afloramientos de la Unidad de los Mármoles del Rincón, y sobre las formaciones carbonatadas del Pleistoceno-Holoceno, presentando también en muchas zonas paisajes tropical con relieves cónicos como residuos de dolinas (Foto 19). Así se observan diferentes tipos de *dolinas* (Foto 20), *uvalas*, *cuevas*, *bufón-bufadero (blowholes)*, *campos de pequeñas dolinas*, *cañones*, *gargantas y/o desfiladeros de origen kárstico*, *montículos o hums*, *lapiaz* y *el Poljé de La Laguna*.



Foto 18.- Cuevas a nivel del mar en el Parque Nacional de Los Haitises.



Foto 19.- Karst tropical en la zona de Cañada de Torito, sobre Los Mármoles del Rincón.



Foto 20.- Dolina en embudo, en la zona de Cañada de Torito, sobre Los Mármoles del Rincón.

El *Poljé* de La Laguna (Foto 21) se encuentra limitado por fallas de dirección NE-SO, al norte se encuentra el contacto, dentro de la Unidad Mármoles del Rincón, entre los mármoles masivos y los mármoles bandeados con calcoesquistos, y al sur, el poljé se encuentra próximo al contacto mecánico entre Los Mármoles del Rincón y la Unidad Esquistos de Santa Bárbara. Su tamaño es de unos 3-4 km², es una depresión con fondo plano y la evacuación del agua superficial la realiza a través de un pozo llamado poner, sumidero o sima para entrar en el macizo de los mármoles hacia cavidades subterráneas, este sumidero se encuentra debajo de la Loma Pilón de Azucar, siendo en este caso un río ciego. El poljé presenta en su interior *dolinas* y *montículos o hums*.

El lapiaz es una forma abundante y se puede observar en muchos puntos del sector oriental de la Península de Samaná tanto sobre los mármoles mesozoicos como sobre rocas carbonatadas más recientes (Foto 22). Las *dolinas* y *uvalas* (Foto 23) también son formas extendidas, así como los *campos de pequeñas dolinas* que prevalecen en las zonas donde los mármoles presentan superficies expuestas a la disolución química más o menos horizontales.



Foto 21.- Polje de La Laguna. Depresión kárstica rellena de sedimentos.

Las *cuevas* existen en muchos puntos, como parte del endokarst desarrollado con un complejo de grutas y cavernas sobre los Haitises y sobre los mármoles como sucede en la desembocadura del río San Juan, pero sobretodo se observan en la zona de los acantilados en la costa oriental del saliente de Cabo Samaná entre Cuatro Ojos y Loma El Frontón, donde presentan morfologías asociadas, como son los espeleotemas (estalactitas, estalagmitas, ventanas, columnas, etc) (Foto 24 y 25). En esta zona litoral también se encuentra el *bufón (blowholes)* o El Bufadero en el lugar denominado Boca del Diablo, situado en las proximidades de el Puerto El Frontón.

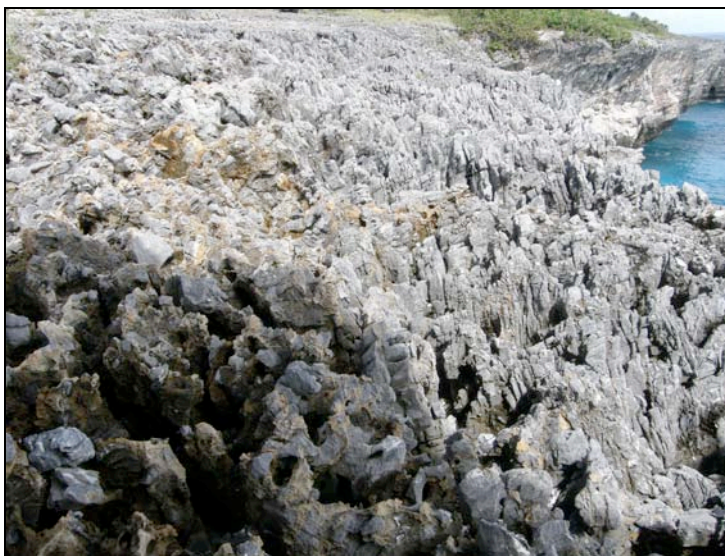


Foto 22.- Lapiaz sobre Los Mármoles del Rincón, en las proximidades de Puerto El Frontón (Península de Samaná).

Los *cañones, gargantas y/o desfiladeros* de origen kárstico-tectónico, con formación de valles ciegos, son importantes en la zona del promontorio de Cabo Cabrón y al suroeste de la localidad de Rincón. Por último, entre Punta Tibisi y la Ensenada La Posa se observa un colapso de caverna-dolina posiblemente influenciada por la acción de las olas, ya que se encuentra en la zona del acantilado (se puede observar en la Foto 15).

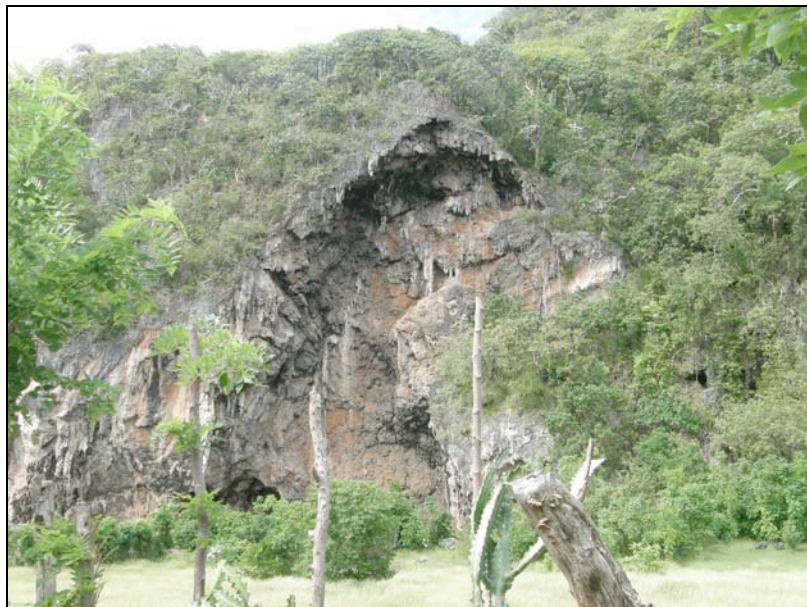


Foto 23.- Uvala de la Laguna Salada. NE de la Península de Samaná.

En cuanto a las formas debidas a procesos de meteorización química en rocas no carbonatadas, también se encuentran en diferentes puntos de la hoja. De hecho, la depresión de El Valle, al sur, puede considerarse como un *alveolo de alteración*, cuya arenización se ha visto favorecida por la existencia de diversas fracturas de notable relevancia; este proceso también se ha desarrollado en los dos pequeños afloramientos granodiorítico-tonalíticos diferenciados en la Hoja. Los alvéolos de alteración son depresiones resultado de una intensa meteorización química en un ambiente tropical controlado por la confluencia de diversas fracturas.

Sin duda, una de las formas más extendidas por toda la región son las *argilizaciones*, típico resultado de los procesos de meteorización en ambientes tropicales; en la zona meridional de la hoja afectan a las Fms. Los Ranchos y Las Guayabas, habiéndose reconocido en todo su ámbito de afloramiento, aunque no se han diferenciado cartográficamente por sus reducidas dimensiones. En algunos puntos, y como

resultado de la alteración de cuerpos intrusivos se observa la arenización de los mismos.



Fotos 24 y 25.- Formas y depósitos de la karstificación sobre los Mármoles del Rincón, que forman un paleoacantilado. Espeleotemas en la zona de Puerto El Frontón.

En la Península de Samaná una de las formas de meteorización química, extendida en el centro de la región, entre el Río Limón al oeste y el Río San Juan al este, también son las *argilizaciones*. Los procesos de argilización afectan a un amplio espectro de sustratos, del Mesozoico al Cuaternario, pero en esta zona destacan las producidas sobre la Unidad de Esquistos de Santa Bárbara.

3.2.6. 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 *pedemontes* y *picos principales* en la zona meridional de la Hoja. Aunque la evolución morfológica de la Cordillera Oriental tiene una indudable componente poligénica, estas formas no son excesivamente abundantes, ya que la velocidad de los procesos erosivos da lugar a su rápido desmantelamiento.

Se han identificado dos *pedemontes* a modo de formas de enlace entre los relieves elaborados sobre la Fm Los Ranchos y las zonas más bajas, constituida por la Fm Cevicos y por la Llanura Costera de Sabana de la Mar; poseen suaves pendientes y dimensiones de orden kilométrico. Pese a no tratarse de la mayor elevación de la Hoja, la loma La Cucaracha tiene carácter de *pico principal*, elemento de referencia del paisaje generado a favor de la Fm Los Ranchos.

3.2.7. Formas antrópicas

La actividad antrópica es importante en diversas zonas, estando relacionada principalmente con la modificación del paisaje debida a los usos del suelo para actividades agropecuarias, labores extractivas, construcción de redes de transporte y asentamientos poblacionales, urbanos o de tipo industrial; localmente, la remoción de materiales y la modificación de la topografía original son intensas, bien allanando, rellenando o ahuecando el terreno. Obviamente, no se han representado las modificaciones antrópicas plasmadas en la base topográfica que se realizan sobretodo en los valles y depresiones de la zona, habiéndose diferenciado algunas *canteras*, *rellenos artificiales*, *aeropuertos*, *presas* y *canales*.

Las *canteras* susceptibles de ser representadas cartográficamente por sus dimensiones se encuentran en el noroeste de la península y son la del Arroyo del Diablo, al norte de la localidad de Bonillo y otras más pequeñas en las cercanías de la

localidad de Las Terrenas; algunas de ellas presentan un impacto visual importante. El *aeropuerto* representado es el de Arroyo Barril al suroeste de la península. En cuanto a las *presas*, se han representado la más importante de la hoja: Presa del Río San Juan, en construcción (Foto 26).



Foto 26.- Vista de la Presa del Río San Juan, en construcción (2008).

En la zona meridional de la hoja tan sólo se ha diferenciado dentro en este grupo el *relleno artificial* efectuado en el litoral de Sabana de la Mar, consistente en la acumulación de materiales con objeto de ganar terreno al mar; posee dimensiones de orden hectométrico.

4. FORMACIONES SUPERFICIALES

Se consideran como tales todos aquellos depósitos, consolidados o no, relacionados con el modelado del relieve actual. Su principal característica es su representación cartográfica. Se define 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, textura, potencia y cronología, si bien este último aspecto, ante la precariedad de las dataciones existentes, tiene carácter tentativo en la mayor parte de los casos.

4.1. Formaciones gravitacionales

4.1.1. Clastos angulosos con lutitas y arenas. Coluviones (a). Holoceno

Son depósitos de cantos heterométricos 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 constitución del área madre. Su potencia y características internas también son variables; aunque su potencia no se puede precisar por ausencia de cortes de detalle, se deducen potencias de orden métrico. Suelen presentar colores rojizos, producto de la alteración química de las rocas en esta zona. Los cantos poseen composición ígneo-metamórfica, volcánica o bien sedimentaria, en consonancia con su área fuente. El hecho de su conservación en una zona de rápida evolución del relieve sugiere una edad Holoceno.

4.1.2. Bloques de litología variada y arenas. Movimientos en masa complejos (b). Holoceno

En la península se han diferenciado algunos movimientos en masa complejos, constituidos bien por suelo, por un potente regolito con bloques del sustrato o por rocas del sustrato de la Unidad Esquistos de Santa Bárbara (micaesquistos, calcoesquistos y cuarzoesquistos, con intercalaciones de mármoles). Estos últimos presentan un aspecto desordenado de arenas que engloban cantos y bloques derivados de la Unidad de Esquistos de Sta. Bárbara, movilizados gravitacionalmente desde las superficies de deslizamiento. Debido a la propia naturaleza del depósito, su espesor puede variar considerablemente según las zonas, llegando a alcanzar más de 10-20 m en algunos de ellos (Foto 27).

En los movimientos en masa su génesis obedece a la existencia de elevadas pendientes, agua, existencia de planos de debilidad y actividad sísmica. Por su relación con el relieve actual se asignan al Holoceno.



Foto 27.- Pequeño movimiento en masa en la Unidad Esquistos de Santa Bárbara.

4.1.3. Lutitas, arenas, cantos y bloques. Lóbulo o colada de soliflucción-Flujos- (c).
Holoceno

Dentro de los movimientos en masa cartografiados en la península, los flujos son escasos. Muchos de ellos presentan morfologías alargadas y estrechas; sus tamaños son variables y suelen tener dimensiones métricas, por lo que no todos ellos son representables a la escala del mapa. Suelen afectar a suelo o regolito y dependiendo del sustrato que afecten están constituidos por lutitas, arcillas, arenas, cantos y algún bloque (Foto 28). Los tipos de flujos cartografiados pueden ser de tipo *mud-flow* o los *debris slide-flow*. En esta zona afectan a dos Unidades mesozoicas como son los Esquistos de Santa Bárbara (micasquistos, calcoesquistos y cuarzoquistos, con intercalaciones de mármoles) y en algunos casos, a la Unidad Mármoles del Rincón.

La génesis de los flujos está relacionada con elevadas pendientes y abundancia de agua de precipitaciones ya sean episodios de lluvias intensas o periodos de lluvias continuas; otros factores desencadenantes de estos movimientos son la vegetación, las propiedades mecánicas de las rocas, la sismicidad o la acción antrópica. Por su relación con el relieve actual se asignan al Holoceno.



Foto 28.- Pequeño flujo de regolito en la Carretera de Samaná a El Limón.

4.1.4. Clastos angulosos y bloques con arenas y lutitas. Derrumbes-avalanchas (d).
Holoceno

Se ha cartografiado uno de ellos en el valle del Río Cantón, aunque existen otros no representables a la escala del mapa, sobretodo en la zona de los acantilados de los promontorios de Cabo Cabrón y Cabo Samaná. Su composición son bloques de tamaños variable, a veces superiores a los 3 metros, y clastos angulosos con un porcentaje bajo de arenas y lutitas. Por su relación con el relieve actual se asignan al Holoceno.

4.2. Formaciones fluviales y de escorrentía superficial

4.2.1. Lutitas, gravas y arenas. Abanicos aluviales de baja pendiente (e y f).
Pleistoceno Medio/Superior-Holoceno

Son las formaciones superficiales de origen fluvial ampliamente distribuidas, destacando por su extensión las que se encuentran en la zona de Sabana de La Mar y los situados en la parte meridional de la península, al sur del relieve originado por la Falla Septentrional, entre las localidades de Majagual (al E) y Los Cocos (al O), los cuales presentan un dispositivo coalescente.

Al sur de la Bahía de Samaná poseen una notable extensión, tanto en la Llanura Costera de Sabana de la Mar (“e”), como en la depresión de El Valle (“f”). Su depósito se produce en la salida de ríos y arroyos a las grandes planicies, donde la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose; son frecuentes los dispositivos coalescentes por la proximidad de los ápices. Predominan los de dimensiones kilométricas, superando los 6 km de longitud con respecto al ápice en el generado por el río Yabón al alcanzar la llanura costera (Foto 29).



Foto 29.- Depósito de abanico aluvial en la zona de Sabana de La Mar.

Se han diferenciado dos sistemas en función de su morfología y composición. El más extenso se dispone con baja pendiente a modo de orla de la Cordillera Oriental y la región de Los Haitises, mostrando proporciones variables de lutitas, arenas y gravas (formación superficial “e”) cuya composición varía ligeramente en función del área madre. En cualquier caso, abundan los términos lutíticos rojizos, como consecuencia del desarrollo alcanzado por las argilizaciones en la cordillera Oriental, y los cantos de composición basáltica derivados de la Fm Los Ranchos. Aunque con carácter puntual, pueden observarse sus principales rasgos en el litoral del sector Sabana de la Mar-Punta Tiburón y en los diversos arroyos que los inciden.

En la depresión de El Valle (al sur de Sabana de la Mar) poseen una pendiente ligeramente superior y muestran un claro predominio de los componentes arenosos (formación superficial “f”), con cierta proporción lutítica, debido al desarrollo alcanzado por los procesos de arenización sobre los cuerpos tonalíticos. Al igual que en el caso

de los anteriores, su espesor puede llegar a 20 m. Se asignan al Pleistoceno Medio-Superior por su evidente posterioridad al depósito de la Fm Los Haitises y por el grado de incisión en ellos mostrado por los principales cursos fluviales.

Por otro lado, se encuentran los abanicos aluviales de baja pendiente situados en la costa Sur de la península, estos tienen un tamaño mucho menor que los anteriormente descritos, y presentan coalescencia entre ellos. Se han originado a partir del relieve creado por la Falla Septentrional al norte de la misma. En algunos puntos sobre ellos se han instalado otros abanicos posteriores de alta pendiente y siempre están incididos por el sistema fluvial actual. Algunos llegan hasta la costa y otros están interrumpidos por formaciones superficiales de origen marino-litoral. Su composición es similar a la litología que presenta la Formación Conglomerados de Samaná. Contienen lutitas, gravas y arenas. Las gravas, con clastos redondeados y subredondeados de tamaños heterométricos de mármol y esquistos, predominan en sus zonas proximales (Foto 30). Las arenas y lutitas pueden tener colores rojizos.

Se puede suponer que por lo anteriormente comentado sus edades se encuentren entre el Pleistoceno-Holoceno. Aunque debe asimilarse una edad posterior a la Formación Conglomerados de Samaná (Pleistoceno Medio-Superior), ya que estos abanicos se han originado básicamente a partir de dicha formación.



Foto 30.- Depósito de abanico de baja pendiente en la zona de Rancho Español-Arroyo Barril, al sur de la península. Limos y arenas con clastos carbonatados.

Por último se ha cartografiado un abanico aluvial de baja pendiente en la costa oriental de la península, al noroeste de la localidad El Francés, de pequeña dimensión y con su parte distal en contacto con una superficie de abrasión marina sobre formaciones biogénicas coralinas recientes. Posiblemente en la actualidad este abanico no sea activo y su edad sería Holoceno. Además, existe otro abanico de baja pendiente en la localidad de El Limón, que aparentemente puede seguir funcionando en la actualidad.

4.2.2. Clastos angulosos y bloques con limos y arenas. Abanicos aluviales de alta pendiente (g). Pleistoceno-Holoceno

Los abanicos de alta pendiente se encuentran repartidos por la Península de Samaná dónde las formaciones del sustrato no son carbonatadas y los sistemas fluviales erosionan y sedimentan en superficie. Aunque los afloramientos son escasos se consideran formados por clastos angulosos, bloques con limos y arenas.

Destaca por su composición el abanico observado en la costa oriental, entre Bahía Francés y Punta Barrita Colorada. Se sitúa sobre el arrecife coralino que se encuentra a 2-3. sobre el nm. Está compuesto por más de 3 metros de arcillas rojas con pasadas de clastos angulosos y subangulosos de mármoles y esquistos de tamaño menor a 4 cm. Y a techo capas de clastos angulosos de mármoles y esquistos con tamaños entre 10-1 cm (Foto 31).



Foto 31.- Punta Barrito Colorado. Abanico aluvial de alta pendiente, con colores rojizos dispuesto sobre la superficie de abrasión marina más reciente (de arrecife coralino).

Estos abanicos de esta unidad "g", presentan funcionalidad actual. No hay duda de que los más recientes pertenecen al Holoceno y no debe descartarse que los más antiguos pudieran pertenecer al Pleistoceno.

4.2.3. Gravas y arenas. Terrazas (h). Pleistoceno-Holoceno

Su principal manifestación en el sur de la Hoja se relaciona con el valle del río Yabón, cuyas terrazas constituyen una franja de más de 2 km de anchura, paralela al cauce, estando representadas también en el valle del río Capitán, aunque con una extensión sensiblemente inferior. Se disponen a cotas próximas a +5 m sobre el cauce del río.

No existen cortes que permitan una descripción detallada de estos depósitos, pero sí diversos puntos donde observar sus características litológicas esenciales. Poseen una composición similar, estando constituidos por gravas polimícticas, con cantos de origen ígneo-metamórfico y sedimentario en matriz arenosa, observándose niveles de lutitas y coloraciones rojizas; el tamaño de los cantos varía notablemente, predominando los diámetros de 5 a 15 cm. Su potencia oscila entre 5 y 10 m.

En la península estos depósitos fluviales están muy poco desarrollados, ya que en los sistemas fluviales existentes, cortos y con elevadas pendientes, predominan los procesos erosivos. Se han cartografiado dos terrazas en el Río San Juan y una en el Arroyo Pozo Hondo (subsidiario del Río Limón). En ambos casos son terrazas bajas y están formadas por arenas con cantos, arcillas y algunas gravas, presentan una potencia entre 3 a 5 metros. Las gravas son polimícticas con cantos de rocas metamórficas, y sedimentarias, en una matriz arenoso-limosa.

Por lo que respecta a su edad, en función del grado de incisión de la red actual en ellas se atribuyen tentativamente al Pleistoceno Superior-Holoceno.

4.2.4. Lutitas, arenas con gravas y bloques. Llanuras de inundación (i). Holoceno

Las llanuras de inundación se encuentran ligadas a los principales ríos y arroyos de la zona, destacando entre todas ellas, en el sur de la Hoja, la del río Yabón, que configura una franja que llega a superar 1 km de anchura, alcanzando su máxima extensión en las proximidades de su desembocadura. Dentro de esta llanura se

reconocen cauces y meandros abandonados, que denotan una continua deriva del río en su curso bajo (Foto 32).



Foto 32.- Arenas y arcillas. Llanura de inundación del Río Yabón.

La llanura de inundación está constituida por arenas y lutitas de tonos rojizos, entre las que se intercalan niveles de gravas polimícticas de espesor decimétrico a métrico. Su espesor es difícil de determinar al no observarse el sustrato, pero sobrepasa 5 m en el caso del Yabón. En cuanto a los cauces y meandros abandonados, la proporción de gravas es mínima, incrementándose el contenido lutítico debido a los procesos de decantación ligados a su actual dinámica de encharcamiento.

Por su parte, las llanuras de inundación en la península se encuentran escasamente representadas, sólo se han observado en las zonas próximas a las desembocaduras del Río Limón y en el Río San Juan (Foto 33). Presentan extensiones métricas y están constituidas por arenas y lutitas rojizas con cantos dispersos, y potencias entre 2-3 metros.

Por su funcionalidad se asignan al Holoceno, sin que deba descartarse su pertenencia parcial al Pleistoceno.



Foto 33.- Limos y arcillas en la llanura del Río San Juan, sector de El Valle (Samaná).

4.2.5. Limos con gravas y arenas. Fondos de valle (j). Holoceno

Se trata de formaciones superficiales estrechas, coincidentes con el canal de estiaje y que constituyen el principal testimonio de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual.

Los fondos de valle en la península están constituidos fundamentalmente por arenas y gravas de naturaleza variable (rocas metamórficas y sedimentarias); puntualmente pueden presentar un predominio lutítico. Las gravas son redondeadas y heterométricas, pudiendo señalarse orientativamente un diámetro de 10-15 cm. Aunque no existen cortes que permitan determinar su espesor, sin duda éste puede variar notablemente en función del curso en cuestión, en los de mayor envergadura podría alcanzar 2-3 m.

Al sur de la Bahía de Samaná, los más destacados están constituidos por gravas polimícticas en matriz arenosa, con predominio de cantos de origen ígneo-metamórfico y sedimentario, debido a su procedencia de la Cordillera Oriental. En el caso de los menores, pueden aumentar la proporción lutítica; igualmente, en el sector occidental aumentan el contenido de cantos calcáreos al nutrirse de materiales de la Fm Cevicos. En el caso del río Yabón, las gravas contienen cantos redondeados de 10-20 cm.

Aunque no existen cortes que permitan determinar su espesor, sin duda éste varía notablemente en función del curso en cuestión, pudiendo alcanzar 5 m.

En la actualidad, los fondos de valle (o mejor expresado el canal actual) de algunos de los ríos y arroyos de la hoja, a su paso por los tramos más altos, presentan saltos y desniveles importantes, como es el caso del Río Limón, con varias cascadas y una de 50 metros de desnivel.

Por la situación que tienen respecto a los cursos de agua actuales se les atribuye una edad Holoceno.

4.3. Formaciones marino-litorales

4.3.1. Calizas bioclásticas, coralinas .Construcciones biogénicas (k). Pleistoceno-Holoceno

Las construcciones biogénicas se encuentran bien desarrolladas en algunas zonas de la península, destacando las que se encuentran en la zona sur limitando con la Bahía de Samaná desde la Punta Vieja Lora al este hasta Punta Los Caseros al oeste, adquiriendo buen desarrollo en la Punta Mangle y en la Punta de los Corozos (Foto 34). Al mismo tiempo también se encuentran repartidas por diferentes afloramientos en el norte litoral de la península, con desiguales desarrollos, desde Punta El Estillero a Punta Lanza del Norte, de Punta Las Galeras a Punta El Pesquero de Francisco y entre Cabo Samaná- Puerto el Frontón hasta Bahía Francés, en el este. Estas construcciones biogénicas que se han representado en el Mapa Geomorfológico, son calizas con corales cuaternarias que pueden integrarse dentro de la Fm. Isabela (Pleistoceno Superior-Holoceno) (Braga, 2010), interpretadas principalmente como facies bioconstruidas de armazón arrecifal. En el tramo más oriental, entre Cabo Samaná- Puerto el Frontón hasta Bahía Francés estas construcciones arrecifales son parches discontinuos depositadas sobre el sustrato pre-cuaternario y además se encuentran formando parte de la primera plataforma de abrasión o rasa hasta el acantilado actual, situado entre los 0-20 metros sobre el nm (Fotos 35, 36 y 37).



Foto 34.- Detalle del arrecife de coral subactual en Los Corozos.



Foto 35.- Boca del Diablo. Paleoacantilado en la zona vegetada, hacia el mar arrecife de coral cuaternario sobre Los Mármoles del Rincón formando parte de la primera rasa, hasta el acantilado.



Foto 36.- Notch en arrecife cuaternario de la primera plataforma de abrasión, en la zona de Puerto de Diego, al fondo Loma el Gallego.



Foto 37.- Detalle de arrecife de coral en la zona de Puerto Diego.

Estas facies representan los restos conservados *in situ* de arrecifes de coral, muy semejantes, tanto en componentes como en la zonación de la composición, a los arrecifes actuales del Caribe.

Según Braga (2010), en la Península de Samaná hay afloramientos de calizas arrecifales cuyas facies y posición actual sobre el nivel del mar las hacen totalmente asimilables a la Formación Isabela (Fig. 4.1) En el extremo oriental de la península

aflorea una franja costera de construcción arrecifal, con facies y componentes similares a las descritas en la costa norte del país. La construcción arranca desde el sustrato pre-cuaternario, en algunos puntos desde la base de un paleoacantilado labrado sobre carbonatos más antiguos, por lo que se pueden considerar *arrecifes franjeantes*. Descienden desde una cota de aproximadamente 20 hasta el pequeño acantilado costero actual (3-4 m), en escalones poco marcados.

Según el mismo autor, en la costa nororiental, en las inmediaciones de Las Galeras, la Fm. La Isabela tiene, una mayor extensión superficial y es difícil saber si hubo desarrollo de facies costeras y de lagoon. Los afloramientos muestran unas facies de construcción arrecifal típica de la formación en la costa norte de la República Dominicana y un ligero desarrollo de facies de talud. En el extremo occidental del afloramiento, la construcción desciende desde las cercanías del sustrato, a unos 20 m de altitud, hasta el acantilado actual (6-7 m) en escalones suaves y con una progradación que queda marcada por una estratificación poco definida que buza 2-3 grados hacia el norte. En la costa sur de la península, en la hoja a E. 1:50.000 de Santa Bárbara de Samaná en algunas puntas (Punta Mangle, Punta de los Corozos) afloran calizas arrecifales que corresponden a construcciones arrecifales de Fm. La Isabela. También aquí, las máximas cotas de afloramiento de las construcciones son cercanas a los 20 m.

La disposición escalonada se debe a la interacción de las oscilaciones del nivel de mar global (nivel eustático) y el levantamiento del sustrato, en este caso las distintas áreas de la costa de la República Dominicana. Durante los últimos 500.000 años (Pleistoceno Medio y Superior), el nivel eustático ha sufrido repetidos cambios dramáticos, de más de 120 m de variación máxima, y otras variaciones menores de metros a decenas de metros. En muchos casos de mala calidad de afloramiento es difícil distinguir en qué proporciones los escalones son simplemente el resultado del esculpido erosivo del mar o hay construcción arrecifal u otro tipo de depósitos configurando las (terrazas) plataformas de abaración o descansando sobre ellas. Es difícil afirmar que sobre la inmensa extensión del "techo" de los escalones no haya depósitos coetáneos con el modelado del escalón formados sobre la plataforma de abrasión.

Se ha determinado en otros puntos del país la edad de la Formación Isabela, como en la vertiente norte de la Cordillera Septentrional donde la edad de la Fm. La Isabela es Pleistoceno Medio y Superior. Para Braga (2010) es de suponer que esta edad sea

extensible a los afloramientos de la formación (o similares) en otras áreas de la República Dominicana, como es el caso de la Península de Samaná.

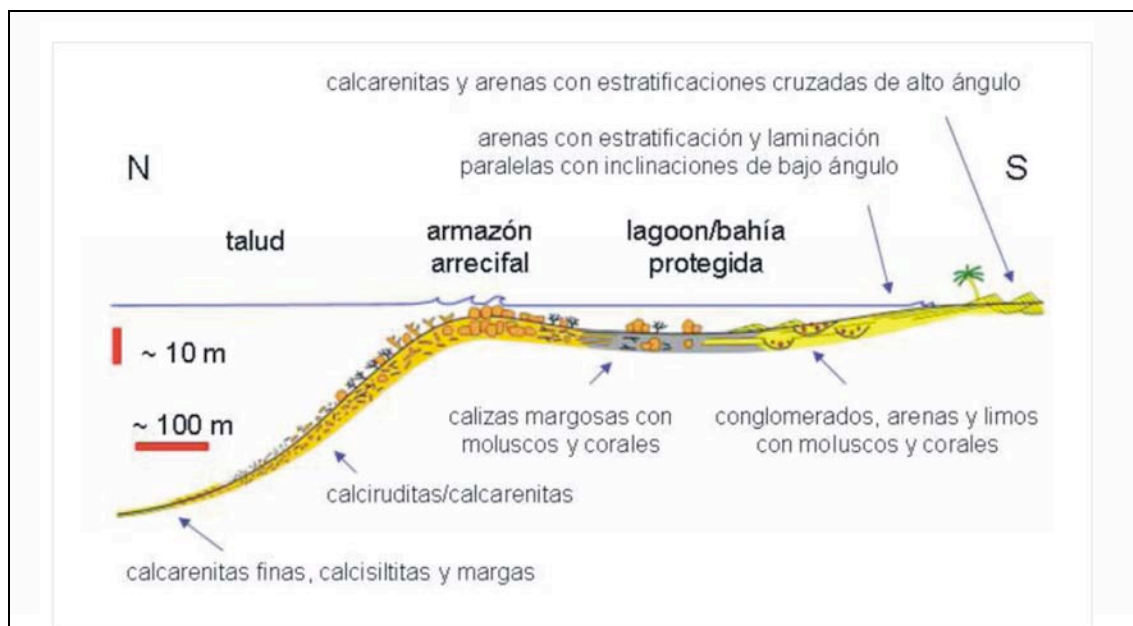


Figura 4.1.-Modelo sedimentario de la Fm La Isabela (De Braga, 2010).

4.3.2. Arenas. Cordón litoral (I). Holoceno

Aparecen en varias zonas de la costa de esta Hoja, en Punta Capitán (Zona de Sabana de la Mar), con más de 2 km de longitud. Posee una anchura hectométrica y una altura inferior a 10 m, disponiéndose a modo de barrera protectora del área pantanosa de El Palán. Está constituido por una sucesión de dunas enmascaradas por la densidad de palmeras existente.

En la costa norte de la península destacan los cordones litorales existentes de forma discontinua, desde Las Terrenas-Punta Carolina hasta Boca del Río Limón, también entre las playas de Las Canas-Punta Berto, Puerto de El Valle y en Bahía Rincón. Estos cordones litorales tienen diferentes longitudes y alturas y en algunos de ellos existen depósitos de dunas; en el caso de la Bahía Rincón existen dos cordones litorales, el más interno se encuentra degradado y vegetado considerándose inactivo, formado por arenas pardas, y el otro está situado justo detrás de la playa actual, formado por arenas claras. Por el contrario, en el sur de la península sólo se ha observado un cordón litoral de pequeña dimensión en la Bahía Carenero. Todos ellos están formados por arenas de colores más o menos claros y con diferentes anchuras

y espesores (nunca superiores a 2-3 metros). En general se encuentran en parte vegetados o bien con plantaciones de palmeras.

Se asignan al Holoceno por su funcionalidad actual.

4.3.3. Lutitas y limos. Manglar alto- marisma- (m). Holoceno

Estas formaciones se encuentran en zonas afectadas por las mareas excepcionales y coinciden con el manglar alto, (marismas altas). Aparecen por diversos puntos del litoral, al norte de la península en la zona de Las Galeras donde presenta un buen desarrollo, también están en Bahía Rincón, en la bahía del Río Cantón (Foto 38), en la zona de El Limón, y desde La Ciénaga de Barbacoa hasta Las Terrenas. En la costa sur de la península también aparecen, en forma de pequeños parches entre Punta de los Caseros al oeste, hasta la Punta Vieja Lora, y en la Bahía Carenero-Villa Clara. Al sur de la Bahía de Samaná se localizan exclusivamente en el extremo oriental de la Hoja, donde su escasa funcionalidad puede llegar a sugerir su carácter relicto.

Poseen composición lutítico-limosa, con cierto contenido arenoso, presentando casi siempre el manglar alto, lo que da lugar a un enriquecimiento en materia orgánica. Su espesor se sitúa dentro de valores métricos. Se tratan de depósitos actuales, por lo que se incluyen en el Holoceno.



Foto 38.- Bahía del Río Cantón- Punta Berto- Playa Honda. Depresión rellena de sedimentos lutítico-limosos con arenas de manglar alto.

4.3.4. Lutitas y arenas. Manglar bajo- marisma-(n). Holoceno

Estas formaciones superficiales se sitúan en zonas afectadas por las mareas diarias, (marismas bajas), y coinciden con el manglar bajo (Foto 39). Aparecen por diversos puntos del litoral, al norte de la península en la zona de Las Galeras, en Bahía Rincón, en El Puerto de El Valle, en Playa Honda, y desde El Limón hasta Las Terrenas. En la costa sur de la península también aparecen, en forma de pequeños parches entre Punta de los Caseros al oeste, hasta la Punta de Los Corozos. Su mayor exponente se localiza al sur de la Hoja, en torno a la bahía de San Lorenzo y entre los cauces actual y antiguo del río Yabón.



Foto 39.- Manglar bajo-marisma, en el Parque Nacional de Los Haitises.

Poseen composición lutítica, con cierto contenido arenoso, siendo su rasgo más característico, su colonización por el manglar bajo, lo que da lugar a un notable enriquecimiento en materia orgánica. Su espesor se sitúa dentro de valores métricos. Se tratan de depósitos actuales, por lo que se incluyen en el Holoceno.

4.3.5. Arenas. Flecha litoral (o). Holoceno

La flecha de Sabana de la Mar constituye la forma más característica, no sólo de la hoja, sino de toda la bahía de Samaná, constituyendo uno de los elementos del litoral dominicano de más fácil identificación en cualquier cartografía (Foto 40). Consiste en

una sucesión de dunas que con una dirección cercana a E-O, se extiende a lo largo de más de 8 km. Posee una anchura de orden hectométrico y una altura inferior a 10 m. En su sector oriental actúa como barrera que protege los manglares y las áreas pantanosas de la zona, de la acción directa del mar.



Foto 40.- Llanura costera y flecha litoral de Sabána de la Mar. Al fondo Península de Samaná.

Una vez más, se trata de depósitos sin exposiciones de calidad, a lo que hay que añadir en este caso, su difícil accesibilidad por la presencia de los manglares y las zonas pantanosas aludidas. Está compuesta por arenas cuya orientación está condicionada por la dirección principal del viento y de las corrientes marinas. Se enmarca en el Holoceno por su carácter actual.

4.3.6. Arenas. Playas de arena (p). Holoceno- actualidad

Pese a su presencia en diversas zonas de costa baja y arenosa de la Hoja de Samaná, por sus dimensiones han permitido su representación en las zonas que por su tamaño ha sido posible representar en la cartografía geomorfológica, con una anchura de varias decenas de metros, lo que no quiere decir que existan en otros muchos lugares de la Hoja. Están constituidas por arenas de grano medio. Por su relación con la dinámica actual se asignan al Holoceno (Foto 41).



Foto 41.- Arenas blancas de la Playa Rincón.

4.3.7. Arenas, limos y arcillas. Delta (q). Holoceno- actualidad

Cabe señalar el pequeño delta existente en la antigua desembocadura del río Yabón, de área inferior a 1 km², actualmente carente de funcionalidad al haberse desplazado el curso del río hacia el norte, a favor de su actual cauce. En la costa atlántica de Samaná entre Las Terrenas y El Limón también se observan pequeños deltas que siguen siendo funcionales hoy en día transportando materiales finos de las marismas. Su edad está comprendida entre el Holoceno y la actualidad.

4.4. Formaciones lacustres-endorreicas

4.4.1. Lutitas y limos con materia orgánica. Área pantanosa (r). Holoceno

Al igual que en el caso de las marismas, aparecen en diversos puntos de la franja litoral de la hoja, en la zona de Sabana de la Mar (Foto 42), y en la Península de Samaná, pero su máxima representación se encuentra al oeste de Sabana de la Mar, en el paraje de Mata de la Yerba Buena, donde configuran una franja de más de 6 km de longitud. Se trata del depósito de áreas de tendencias endorreicas, integrado por lutitas oscuras, a veces con limos y con un cierto contenido vegetal, cuyo espesor no ha sido determinado, aunque probablemente se acerque a 2-3 m. Por su relación con la dinámica actual se enmarcan en el Holoceno.



Foto 42.- Arcillas de área pantanosa en Sabana de la Mar.

4.5. Formaciones por meteorización química en rocas carbonatadas, rocas cristalinas y silíceas

4.5.1. Arenas (Arenización) (s). Plioceno-Holoceno

En amplias zonas existe un regolito potente o muy potente como producto resultante de los procesos de meteorización química sobre las rocas mesozoicas, formados sobretudo por arcillas, conocidas también como mantos de alteración o alteritas; puntualmente también existen arenizaciones de las rocas ígneas, y que en esta hoja se presentan exclusivamente al sur de Sabana de la Mar.

En cuanto a su edad, se han asignado, de forma bastante imprecisa, al Pleistoceno-Holoceno, sin que deba descartarse que su comienzo fuese en el Plioceno.

4.5.2. Arcillas rojas y algunas de color beige. Argilizaciones (t). Plioceno-Holoceno

Corresponden a arcillas rojas o en algunas ocasiones de colores beige, en general de aspecto masivo, que constituyen el producto de la alteración de los materiales silíceos por acción de procesos de meteorización química en un ambiente tropical húmedo. Su presencia se extiende a lo largo de la hoja pero es más importante sobre los

afloramientos de la Unidad Esquistos de Santa Bárbara, siendo menos intensa sobre los materiales más modernos. Su espesor varía en función de la envergadura de los procesos de alteración, pudiendo superar los 2-3 m. (Foto 43)

En cuanto a su edad, se han asignado, de forma bastante imprecisa, al Pleistoceno-Holoceno, sin que deba descartarse que su comienzo fuese en el Plioceno.



Foto 43.- Arcillas rojas de argilización, con procesos de *creep*, en Romango, cerca de la localidad de Santa Bárbara de Samaná.

4.5.3. Arcillas rojas de descalcificación-Terra rosa- Relleno de fondo de dolina, uvala y polje. (u). Pleistoceno-Holoceno

Se concentran en la región de Los Haitises (an N y S de la Bahía) y en el sector nororiental de la Península de Samaná, donde poseen una notable representación. Se relacionan con las depresiones kársticas desarrolladas sobre los materiales calcáreos de la Fm. Los Haitises y Fm. Isabela, o sobre las rocas carbonatadas mesozoicas de los diferentes tipos de mármoles de la Unidad Mármoles del Rincón.

Destacan las depresiones tectono-kársticas de el Polje de La Laguna sobre Los Mármoles del Rincón y el Paleo-Polje de La Guazara-Rancho Español sobre la Fm. Los Haitises, ambos rellenos de estos sedimentos y de suelo tipo *terra rosa* (Foto 44).



Foto 44.- Paleo-Poljé de La Guazara-Rancho Español, relleno de suelo tipo *terra-rosa* con clastos calcáreos.

Sobre Los Haitises, corresponden a dolinas y uvalas de formas subcirculares o subelípticas, orientadas de NO a SE tanto en el Parque Nacional de Los Haitises como en el sector occidental de Samaná, según la dirección de fracturación principal. Sobre Los Mármoles del Rincón también corresponden a uvalas, dolinas y en ocasiones, estos depósitos se encuentran directamente sobre los mármoles como se observa entre las localidades de Cuatro Ojos-Los Tocones-El Rincón y la Punta del Guano-Loma Atravesa y Loma Lucía (Foto 45) . Estos depósitos son arcillas rojas de aspecto masivo, generadas por la descalcificación de las litologías calcáreas debida a la karstificación. Su espesor varía según los casos, pudiendo superar los 3 m.

Los suelos arcillosos de color rojizo reciben el nombre de *terra rossa*, que es un suelo residual rico en minerales de Fe. En la zona oriental de la península, sobre los Mármoles del Rincón se observan dolinas obturadas con formación de lagunas o bien cuando están secas se utilizan para la agricultura de yuca y plataneras, debido a la fertilidad de estos suelos.

Su edad inferior, estaría en parte, acotada por la de la Fm Los Haitises, por lo que se enmarcan en el Pleistoceno-Holoceno. Sin que deba descartarse que las formas asociadas a los niveles de Los Mármoles del Rincón puedan haberse iniciado en el Plioceno.



Foto 45.- Arcillas de descalcificación sobre Los Mármoles del Rincón.

4.6. Formaciones poligénicas

4.6.1. Lutitas, arenas y gravas (Piedemonte) (v). Pleistoceno superior-Holoceno

Su principal representación se localiza al pie de la loma Algarrobos, donde configuran una planicie de hasta 2 km de longitud, configurada por un delgado depósito, de orden métrico, dispuesto sobre las intrusiones tonalítico-granodioríticas y la Fm Cevicos. Se observan arcillas rojas con esporádicos cantos y bloques de composición basáltica; también se observan arenas, probablemente por removilización del sustrato tonalítico arenizado. Al pie de la Loma La Cucaracha se han diferenciado otras formas de menor entidad, constituidas por gravas en matriz lutítica roja, de aspecto muy semejante al de las terrazas. En este caso, su espesor sobrepasa 10 m.

En cuanto a su edad, por su aspecto morfológico se asignan al Pleistoceno Superior, sin que deba descartarse su pertenencia, al menos parcialmente, al Holoceno.

5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

Si bien la morfología de la zona está influenciada por los procesos acaecidos a lo largo de toda la historia de la Cordillera Oriental, y de la Cordillera Septentrional-Península de Samaná, su fisonomía actual empieza a perfilarse a partir del Mioceno Superior. Se produce la generalización de la tectónica de desgarre en la zona de colisión entre las placas caribeña y norteamericana; también en el interior del arco, y la exhumación final del complejo de acreción-colisión. En el Complejo de Samaná se producen deformaciones tardías. Relleno cuencas antepaís. Formación de la zona de Falla Septentrional, régimen transpresivo senestro, y el desplazamiento lateral entre el arco Cretácico y las unidades del prisma de acreción. Originándose la sedimentación de los Conglomerados de Samaná.

El movimiento de la zona de Falla Septentrional durante el Neógeno es de desgarre sinistral inverso y ha producido el levantamiento de la península y su basculamiento hacia el norte. Es decir, desde el Plioceno a la actualidad se produce una tectónica de desgarre en la zona de Falla Septentrional. Esta zona de falla discurre justo al sur de la península siguiendo una dirección ONO-ESE a O-E. Dicha traza se deduce a partir de la forma de la anomalía magnética que revela su presencia bajo el área sumergida, la batimetría del fondo marino en la Bahía de Samaná, y el levantamiento tectónico de formaciones bioconstruidas holocenas que forman cayos. La estructura general de la Hoja de Samaná está dominada por numerosas fallas tardías, como la anteriormente citada y las situadas al sur de la Bahía de Samaná con dirección E-O y la Falla de Yabón.

A comienzos del Cuaternario, la Cordillera Oriental poseía una envergadura inferior a la actual, estando constituida por una serie de islas e islotes (Díaz de Neira *et al.*, 2007), flanqueadas al norte y al sur por las plataformas carbonatadas arrecifales que se convertirían posteriormente en la región de Los Haitises y en la Llanura Costera del Caribe al sur, respectivamente.

Bajo esta configuración, la región al sur de la bahía actual de Samaná, asistió al desarrollo de superficies de diversa índole. Por una parte, el depósito carbonatado de la plataforma dio lugar a una marcada superficie estructural, en tanto que en el sector oriental de la cordillera Oriental se elaboraría una superficie de erosión, “correlativa” con aquella, la superficie de Miches (o de La Herradura) difícil de identificar debido a la dinámica posterior y que, en cualquier caso, no posee representación en la Hoja a

escala 1:50.000 de Sabana de la Mar, pero sí en la vecina Hoja de Miches (6372-I). En la región de Los Haitises, la plataforma arrecifal migraría paulatinamente hacia el norte a medida que se producía el progresivo ascenso de la cordillera Oriental, cuya emersión se habría producido ya en el Pleistoceno Medio. Algo similar sucedería en el sector norte de Los Haitises y el ascenso de la Península de Samaná.

A comienzos del Pleistoceno Superior se produciría el depósito de la Fm La Isabela, en la Península de Samaná en un contexto regresivo. Con la tendencia a su elevación hasta la actualidad.

La naturaleza carbonatada de la plataforma de Los Haitises tanto al norte y sur de la Bahía de Samaná ha favorecido un notable desarrollo kárstico, condicionado y favorecido por la intensa fracturación desarrollada sobre ella. En un momento impreciso del Pleistoceno Medio-Superior, la tendencia ascendente de la región produjo un importante incremento de la superficie insular debido a la emersión de buena parte del territorio correspondiente a la Llanura Costera de Sabana de la Mar, con formación de abanicos aluviales de baja pendiente, de entre los que destacaría el del río Yabón, que pudo haber funcionado inicialmente como un delta.

En los relieves de la cordillera Oriental y en los de la Península, la red de drenaje ya habría esbozado su geometría actual, basada en cursos de pequeña longitud y una tendencia consecuente general, que incrementarían su poder incisivo al ascender con respecto al nivel de base. Sin embargo, en los macizos calcáreos de la hoja, la actividad kárstica condicionaría la consiguiente "irregularidad" en el comportamiento hídrico. En el ámbito de la hoja con anterioridad a la jerarquización de la red, ya habría dado comienzo un activo funcionamiento de laterizaciones y arenizaciones.

A partir de este momento, la evolución general del relieve ha estado presidida por el comportamiento de la red de drenaje, con fuertes encajamientos en la zona montañosa, pero moderados en la llanura por su pequeño desnivel con respecto al mar; de forma mucho más localizada, no debe olvidarse la influencia que ha tenido la actividad de la falla de Yabón, tanto como elemento delimitador de relieves positivos como creador de una franja especialmente favorable a los procesos erosivos, de la misma forma que tampoco se debe olvidar la Zona de la Falla Septentrional, que sigue siendo activa hoy en día tanto al norte como al sur de la bahía de Samaná. En la cordillera Oriental y en la Península, el encajamiento ha sido simultáneo con la meteorización de los materiales cretácicos, con el retroceso de las vertientes por

acción de los procesos gravitacionales, y con los cambios de orientación de la red por adaptación a fracturas y contrastes litológicos.

La emersión o levantamiento de la cordillera y de la península ha provocado en algunos puntos la evolución de la marisma baja a marisma alta para finalmente quedar aislada de la actividad marina, es decir, abandonada; a medida que se producía la ganancia de terreno al mar, Por lo que respecta al desarrollo de cordones litorales favoreció la formación de lagunas costeras que evolucionarían a áreas pantanosas.

En el ámbito de la llanura litoral, la evolución más reciente, al margen de la actividad fluvial, ha estado caracterizada por el desarrollo de la flecha litoral de Sabana de la Mar, que habría protegido lagunas costeras, transformadas en áreas pantanosas como consecuencia de la tendencia de colmatación-desección observada.

Como principales motores en la futura evolución de la red, deben tenerse en cuenta: la influencia de las fallas relacionadas con la elevación general de la cordillera y de la península de Samaná; las posibles modificaciones del nivel de base; el retroceso de las vertientes; la tendencia a la colmatación de las marismas y áreas pantanosas costeras; la erosión remontante y las posibles capturas derivadas de ella; la dinámica kárstica sobre la Fm. Haitises como sobre la Unidad de Mármoles de Rincón; y la actividad gravitacional de las vertientes.

6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

Se denominan procesos activos a aquellos fenómenos de origen endógeno o exógeno, potencialmente funcionales sobre la superficie terrestre, y cuyo principal interés en la zona es 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 cual se trata 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 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.

Igualmente, ha de tenerse en cuenta, que en la presente escala de trabajo carecen de representación algunos fenómenos claramente perceptibles sobre el terreno. Sirva de ejemplo 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 no permite una representación areal de los segundos.

Dentro de la Hoja de Samaná existe gran variedad en cuanto a la naturaleza de los procesos activos, habiéndose detectado diversos tipos de actividad: sísmica, tectónica activa, asociada a movimientos de laderas, por procesos de erosión, de inundación y de sedimentación, asociada a litologías especiales y antrópica.

6.1. Actividad sísmica

La sismicidad es uno de los procesos activos más relevantes de La Española como consecuencia de su situación en un contexto geodinámico de 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 (Fig. 6.1) e instrumentales son pocos 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, manifiestamente incompleto.

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, desde 1985.

Para la elaboración del presente trabajo se ha accedido a las bases de datos de la Red Sísmica Nacional Dominicana (RSND), el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), la Red Sísmica de Puerto Rico (PRSN) y el Middle American Seismograph Consortium (MIDAS), y red de la USGS hasta el 2008 (Google Earth), además de las incluidas en el citado proyecto SYSMIN. El periodo cubierto ha sido 1505-2010.

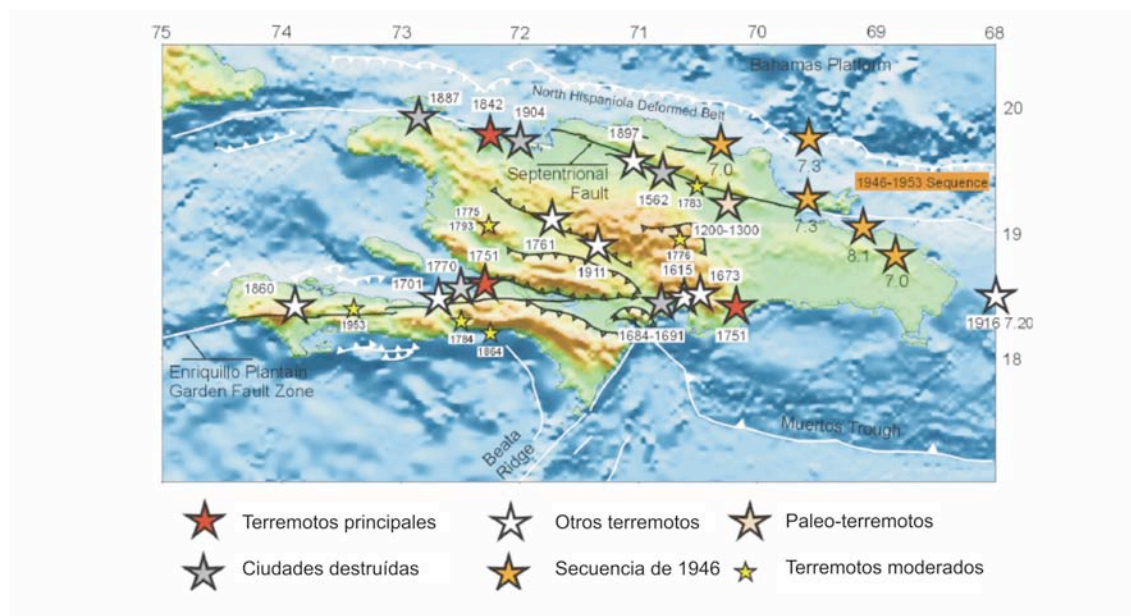


Fig.6.1.- Sismicidad histórica en Isla La Española, anterior a 1960 (En Calais, 2008)

La Hoja de Samaná pone de manifiesto la necesidad de abordar los estudios sísmicos en relación con áreas de un orden de magnitud superior, ya que en la Hoja la distribución de epicentros aparece como una nube de puntos que no sigue patrón alguno. La Hoja de Samaná es bastante ilustrativa de la información de los datos existentes, ya que en los datos disponibles acerca de su territorio, se han representado en el Mapa de Procesos Activos unos 56 eventos registrados, aunque nos consta que en esta zona existen más de 80 eventos sísmicos tanto en tierra como en el océano. En esta representación de escala regional se evidencia como dichos epicentros forman parte de las alineaciones principales: E-O, relacionada con la Falla Septentrional y la Falla Meridional de Samaná; la NO-SE, ligada a la falla del Yabón y

las NE-SO de varias fallas en la Península de Samaná, además de los registrados en el mar Atlántico respecto a otras estructuras activas paralelas a la Falla Septentrional y a la zona de la Fosa de Puerto Rico (Fig. 6.2).

Cabe destacar que la zona se vio directamente afectada por la sucesión de seísmos desencadenados entre 1946 y 1953 en el sector nororiental de La Española (Fig. 6.1), relacionándose con el proceso de subducción de la placa Norteamericana bajo la Caribeña (Dolan y Wald, 1998).

Los seísmos registrados y representados en el Mapa de Procesos Activos poseen carácter somero: 1 con una profundidad de foco entre 20 y 60 km, 31 de carácter intermedio (profundidad de foco menor de 60 km) y 24 de carácter profundo (profundidad de foco mayor de 60 km). La magnitud mayor de estos epicentros la tiene él que se encuentra al norte de la península, al este del Puerto de El Valle, con $M > 7$, el resto presentan magnitudes entre $6 < M < 7$, $4 < M < 5$ y $3 < M < 4$. Destacando los eventos que parecen correlacionarse con estructuras reflejadas superficialmente, en particular con la zona de la Falla Septentrional-Bahía de Samaná.

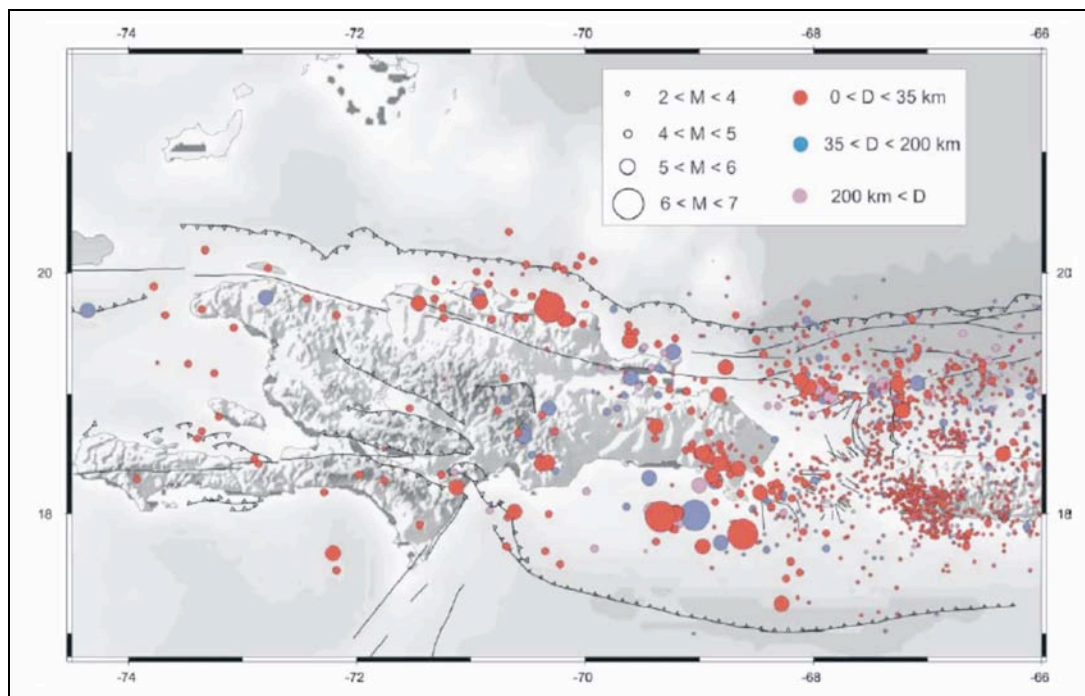


Fig. 6.2. Sismicidad instrumental de La Española (1972-2002). Catálogo NEIC-USGS (En Calais, 2008)

En la actualidad, el borde septentrional de La Española es una zona activa de cizalla simple, con deformación y sismicidad. Edgar (1991) reconoce deformación reciente en las líneas sísmicas superficiales bajo el agua de la bahía de Samaná y Winslow *et al.* (1991), en la continuidad de estas estructuras hacia tierra por el bloque de San Francisco.

Por lo tanto, el área estudiada posee un importante riesgo sísmico ya que se combina la densidad de población en un área muy próxima a grandes zonas de falla activas.

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 a velocidades muy grandes, 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 Península de Samaná y de la Llanura Costera de Sabana de la Mar debe considerarse susceptible de sufrir este tipo de fenómenos; su vulnerabilidad se extiende varios kilómetros hacia el interior en el caso de las llanuras aluviales de los ríos principales, así como en el de las marismas y áreas pantanosas.

En la costa norte de la Península de Samaná basta recordar las consecuencias sufridas por el terremoto histórico de agosto de 1946 que produjo un maremoto que afectó a todas las costas de la Bahía Escocesa (al noroeste de la península); y, según las crónicas de la época, después de este terremoto de $M= 8,1$, se sufrieron más de 1000 réplicas, y en una de estas réplicas los poblados de El Limón (a 4 km de la costa) y Las Cañitas fueron inundados y destruidos por un tsunami o gran ola.

La zona de Samaná esta expuesta a los tsunamis tal como atestigua la mayor densidad de epicentros registrada, que producen terremotos en el mar.

6.2. Tectónica Activa

Es una región donde la actividad tectónica es evidente desde el final del Cretácico a la actualidad, las formas originadas por ella son menos de las previsibles, probablemente como consecuencia de la elevada velocidad de erosión, la inestabilidad de las laderas y la densa cubierta vegetal, factores que sin duda enmascaran rápidamente algunas de dichas formas, como los escarpes producidos por fallas.

En esta región la geotectónica presenta una acusada tendencia ascendente demostrada por la elevación de la plataforma plio-cuaternaria de la Fm Los Haitises a cotas superiores a +200-300 m, aunque sólo se reconoce una pequeña cantidad de rasgos indicativos de este tipo de actividad. Al mismo tiempo que la Formación Isabela también muestra esta tendencia ascendente en los afloramientos reconocidos en la Península de Samaná.

Dicha tendencia ascendente puede cuantificarse de forma orientativa en base a los escasos datos cronológicos disponibles. Ya que el levantamiento se ha venido produciendo al menos desde el final del depósito de la Fm Los Haitises, acontecido de forma imprecisa durante el intervalo Plioceno-Pleistoceno Inferior, puede establecerse una tasa de elevación de 0,071-0,320 mm/año para dicha formación. Este intervalo

corresponde al mismo orden de magnitud que las tasas estimadas en otros puntos de La Española, asemejándose a los propuestos en el Promontorio de Cabrera, pero mostrando valores superiores a los establecidos en la Llanura Costera del Caribe (Braga, 2010).

No obstante, se reconocen otros rasgos que denuncian este tipo de actividad; cabe señalar las fallas, en algunos casos supuestas al estar ocultas por depósitos cuaternarios. Las más destacadas poseen la orientación E-O en la zona de la Bahía de Samaná, es decir la zona de *Falla Septentrional* que es la principal causante de la elevación del relieve al norte de dicha falla, respecto a la Bahía, así como otras fallas paralelas a ella. Además en el sur están las fallas de dirección NO-SE, típica de la Cordillera Oriental.

El catálogo de la actividad de la tectónica activa se completa con *fallas, escarpes de fallas normales, y fallas normales con indicación de labio hundido*, de las cuales destacan por su mayor extensión las que están al este de la hoja, en los promontorios de Cabo Samaná y en el Cabo Cabrón y sus prolongaciones en el mar, con dirección NE-SO y NO-SE.

Otros indicios de actividad tectónica se observan en la red fluvial, como son las alineaciones morfológicas con control estructural que normalmente están relacionadas con fallas de orientación NE-SO. Además, algunos ríos con El Limón presentan pendientes anómalas por exceso, junto con una fuerte incisión fluvial. También se constata el *basculamiento* regional hacia el N-NE, observable sobretodo en los promontorios de Cabo Cabrón y Cabo Samaná en las diferentes plataformas de abrasión o rasas, así como *buzamientos* en las calizas arrecifales de la Fm La Isabela.

Estos indicios probarían la existencia de fallas, activas y/o capaces de reactivarse en cualquier momento, relacionadas con la tendencia ascendente de la Isla. Se entiende por falla activa aquella que afecta a materiales holocenos o incluso cuaternarios según diversos criterios Gonzales Vallejo (1980). Los criterios más conservadores consideran activas aquellas fallas con actividad manifiesta en los últimos 2 millones de años.

6.3. Actividad asociada a movimientos de laderas

Se trata de una actividad restringida aunque existente sobretodo en la zona central de la península. Se deduce también, una presencia efímera de los depósitos como consecuencia de su erosión por el rápido retroceso de las vertientes.

Se han reconocido y clasificado diferentes movimientos en masa, como *movimientos en masa complejos, flujos, avalanchas y deslizamientos*, algunos destacando por la envergadura de su cicatriz o fracturas de tensión. También se han observado algunos *coluviones y reptación en las laderas*. En muchos de los casos sus dimensiones no han permitido su representación cartográfica. Es decir, además de los movimientos de ladera cartografiados, existen otros que por la escala del mapa no se han podido representar.

6.4. Actividad asociada a procesos de erosión

Esta actividad alcanza su máximo desarrollo en las zonas más elevadas, pues su acción es menor en las depresiones, donde predominan los procesos de inundación y sedimentación.

Es patente en relación con los afloramientos de rocas cretácicas, especialmente por el desarrollo de una red de drenaje dendrítica, con una acusada *incisión lineal*. Más intensa, aunque de extensión menor, es la erosión asociada con el desarrollo de *cárcavas*, cuya expresión tiene lugar a lo largo de la zona central y sur de la península, disminuyendo hacia el norte de la misma.

En el caso del río Yabón destaca la *erosión lateral del cauce*, fenómeno que favorece las frecuentes migraciones del canal principal. Por el contrario, la actividad erosiva es muy inferior en el sector suroccidental y septentrional de la hoja, debido a la preponderancia de los procesos kársticos.

En relación con la dinámica litoral de carácter erosivo, se restringe a los *acantilados*, esculpidos principalmente en las rocas carbonatadas de la Unidad Mármol El Rincón en todo el norte de la península, en la Unidad Marmoles de Majagual-Los Cacaos en el sureste, y en las calizas de la Fm Los Haitises al sur de la hoja. Por otro lado destaca acción de la *deriva litoral*, puesta de manifiesto por el desarrollo de la flecha litoral de Sabana de la Mar.

Se han cartografiado zonas, donde la concentración de formas de carácter erosivo permite delimitar *áreas sometidas a una intensa erosión*, sobretudo en la zona central y sur de la península de Samaná, junto con algunos sectores al sur de Sabana de la Mar.

6.5. Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación

Es la actividad relacionada con una mayor variedad de procesos, además de ser una de las que tiene una mayor incidencia sobre la población. Su origen está relacionado con la actividad fluvial, el desarrollo endorreico, la dinámica litoral, antrópica y, en general, con cualquier tipo de proceso generador de flujos acuosos o aportes sedimentarios susceptibles de acumularse en áreas deprimidas.

Los procesos de inundación y sedimentación actúan de forma prácticamente permanente sobre los *fondos de valle de los ríos* y arroyos de la zona. En el caso de las *Ilanuras de inundación*, y *meandros abandonados* en ellas, las inundaciones también se producen de forma estacional. El régimen pluviométrico de la región, unido a la topografía, hace que también las *áreas pantanosas-endorreicas* sean inundadas de forma frecuente.

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. Con frecuencia, sus ápices o zonas próximas coinciden con fallas activas, lo que implica que su actividad puede relacionarse con procesos climáticos y sísmicos. En el caso de algunos de los *abanicos* y *conos* de mayor envergadura, claramente han perdido su funcionalidad, lo que no implica que su superficie no quede sometida a inundaciones ante la densa red de drenaje que se ha desarrollado sobre ella.

Dentro del capítulo de inundaciones, merecen especial atención las avenidas, que suponen el riesgo natural más común del planeta y que tan trágicas consecuencias han tenido en fechas recientes en territorio dominicano, destacando episodios de las tormentas tropicales o huracanes con importantísimas inundaciones (Foto 46). El régimen pluviométrico de la región hace que estas inundaciones ocurran en temporadas de tormentas tropicales de junio a Noviembre.



Foto 46.- Puente caído por avenida, en la llanura del Río San Juan cerca de la localidad de El Valle (Península de Samaná).

Generalmente, la formación de avenidas se produce como respuesta del sistema fluvial a un aporte cuantioso de agua desde fuera del sistema, ante lo cual la cuenca actúa adaptándose a las condiciones energéticas del momento mediante procesos de erosión, transporte o sedimentación. En particular, las lluvias convectivas, de corta duración pero de intensidades muy importantes, provocan avenidas súbitas, concentrando un gran caudal punta en un corto espacio de tiempo, dando un margen de reacción muy breve a la población (Camarasa, 2002).

En este tipo de fenómenos, las puntas de crecida superan la capacidad de evacuación de los cauces, produciendo desbordamientos hacia los espacios adyacentes; también puede ocurrir que, debido a la gran potencia erosiva de las aguas, produzcan rupturas transversales en los márgenes de los canales y se derramen por las llanuras laterales. Aunque los espacios inundables por excelencia son las llanuras de inundación, el desbordamiento de la capacidad del lecho menor puede dar lugar a ocasionales anegamientos, incluso en las terrazas bajas. Las zonas inundables de un abanico o cono de deyección están relacionadas con su geometría actual, con la tendencia a la progradación o disección y con las fases pretéritas de su evolución.

Como elementos que minimicen los efectos de los acontecimientos catastróficos deben tenerse en cuenta la posibilidad de separar las zonas habitadas del entorno del cauce fluvial, ya sea río, arroyo o cañada, ya que normalmente tanto la erosión como

las inundaciones de los márgenes de los sistemas fluviales afectan a muchas viviendas. (Ver YUNARISK-Catálogo de inundaciones en la Cuenca del Río Yuna, República Dominicana -1977-2007-), situado al oeste de esta hoja.

Asociadas con la dinámica litoral actual se encuentran las *marismas-manglares*, donde diariamente se produce la marea *baja* y ocasionalmente la marea *alta*, además de las *playas* en buena parte de la costa de la hoja y la *flecha litoral* de Sabana de la Mar. En relación con procesos de inundación en la franja litoral, no deben olvidarse los potenciales efectos que podría ocasionar la ocurrencia de un tsunami, ni los más frecuentes debidos a la llegada de tormentas tropicales y huracanes, que siempre producen fuerte oleaje y vientos intensos.

También son susceptibles de aparecer como áreas inundadas tras lluvias intensas las innumerables depresiones de origen kárstico de los afloramientos calcáreos de la Fm. Los Haitises y de Los Mármoles El Rincón, especialmente en las depresiones revestidas por un importante depósito de arcillas de descalcificación.

6.6. Actividad asociada a litologías especiales

Su expresión más evidente se produce en relación con los afloramientos de las formaciones carbonatadas, La Unidad de Mármoles El Rincón, Mármoles de Majagual-Los Cacaos y sobretodo la Formación Los Haitises, en los que se observa una sucesión continua de *depresiones por disolución* correspondientes a dolinas, uvalas y poljes, además de las zonas con lapiaz. De forma genérica, es preciso tener en cuenta los potenciales procesos de colapso dependientes de la intensidad del proceso kárstico.

6.7. Actividad antrópica

Pese a la evidente actividad antrópica de la zona, se consideran en este apartado únicamente los procesos relacionados con modificaciones sustanciales del relieve, puestos de manifiesto especialmente por la existencia de *zonas ganadas al mar*, consistentes en la acumulación de material de relleno en el litoral de Sabana de la Mar. Y dentro de las modificaciones prácticamente continuas en relación con la red de comunicaciones, el desarrollo urbano, etc., tan sólo se han diferenciado algunas *canteras*, *canales*, la *presa* del Río San Juan en construcción y la pista de aterrizaje de Arroyo Barril.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ACUATER (2000). Mapa Hidrogeológico Nacional. Planicie Costera Oriental, mapa N° 9/1/3 Escala 1:50 000. Programa SYSMIN, Proyecto J. Servicio Geológico Nacional (SGN), Santo Domingo.
- Braga, J.C. (2010). Informe sobre las Formaciones Arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto 1B. Servicio Geológico Nacional (SGN), Santo Domingo, 73 pp.
- Calais, E., Perrot, J., and Mercier de L'Épinay, B. (1998). Strike-slip tectonics and seismicity along the Northern Caribbean plate boundary from Cuba to Hispaniola, *Geol. Soc. of Amer. Special Paper 326*, Edited by J.F. Dolan and P. Mann, 125-142,.
- Calais, E., Y. Mazabraud, B. Mercier de L'Épinay, P. Mann, G. Mattioli, and P. Jansma. (2002). Strain partitioning and fault slip rates in the northeastern Caribbean from GPS measurements. *Geophys. Res. Lett.*, 29(18), 1856, doi:10.1029/2002GL015397.
- Calais, E. (2008). Risque Sismique en Haïti: Fondements Scientifiques et Nature du Risque. Conferencia de Puerto Príncipe.
- Camarasa Belmonte, A. M. (2002). Crecidas e inundaciones. En Ayala-Carcedo, F.J. y Olcina, J. (coordinadores). *Riesgos naturales*. Ariel, Barcelona, 859-877.
- CGG (Compagnie Generale de Geophysique) (1999): Informe final sobre la prospección magnética y radiométrica aereoportada del territorio de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto E. Servicio Geológico Nacional (SGN). Santo Domingo.
- Contreras, F., Ardévol, Ll., Granados, L., Calvo, J.P., Escuder Viruete, J., Escuer, J., Florido, P., Antón Pacheco, C., García Lobón, J.L., Mortensen, J.K., Ullrich, T. y Friedman R., (2004). Mapa Geológico de la República Dominicana E. 1:50.000, Jicomé (5973-IV). Servicio Geológico Nacional (SGN), Santo Domingo, 158 pp.

- Bowin, C. (1975). The geology of Española. En: Naim, A., Stehli, F., (ed.), The ocean basins and margins. The Gulf of Mexico and the Caribbean, Vol. 3. New York, Plenum Press, 501-552.
- 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.
- De Zoeten, R. (1988). Structure and stratigraphy of the central Cordillera Septentrional, Dominican Republic. Tesis Doctoral, Universidad de Texas, Austin, 299 pp.
- Dolan, J.F., Mann, P. (1998). Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Geological Society of America Special Paper, 326, 174 pp.
- Dolan, J.F., Mullins, H.T., Wald, D.J. (1998). Active tectonics of the north-central Caribbean: Oblique collision, strain partitioning and opposing subducted slabs. En DOLAN, J.F., MANN, P. (Eds.). Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Geological Society of America Special Paper, 326, 1-61.
- Díaz de Neira, A., Martín-Serrano, A., Escuer, J. (2007). Evolución geomorfológica de la Cordillera Oriental Dominicana. Boletín Geológico y Minero, 118-2, 385-399.
- Díaz del Olmo, F., Cámara, R. (2003). Karst tropical de colinas, tipología y evolución en el plio-cuaternario en República Dominicana. XI Reunión nacional de Cuaternario. Oviedo, 123-128.
- Draper, G. and Lewis, J., (1991). Metamorphic belts in Central Española. En: Mann, P., Draper, G., Lewis, J.F. (ed.), Geologic and Tectonic Development of the North America-Caribbean Plate Boundary in Española. Geological Society of America Special Paper 262, 29-46.
- EPTISA (2004). Estudio hidrogeológico Nacional de la República Dominicana. Fase Programa SYSMIN, Proyecto N. Servicio Geológico Nacional (SGN). Santo Domingo.
- Escuder Viruete, J., Contreras, F., Stein, G., Urien, P., Joubert, M., Bernardez, E., Hernaiz Huerta, P.P., Lewis, J., Lopera, E. y Pérez-Estaún, A., (2004). La secuencia magmática Jurásico Superior-Cretácico Superior en la Cordillera Central, República Dominicana: sección cortical de un arco-isla intraoceánico. Geo-Temas 6(1), 41-44.
- Escuder Viruete, J., Contreras, F., Stein, G., Urien, P., Joubert, M., Ullrich, T.D. Mortensen, J. y Pérez-Estaún, A., (2006). Transpression and strike-slip

partitioning in the Caribbean island arc: fabric development, kinematics and Ar-Ar ages of syntectonic emplacement of the Loma de Cabrera batholith, Dominican Republic. *Journal of Structural Geology*, 28, 1496-1519.

Escuder Viruete, J., Contreras, F., Stein, G., Urien, P., Joubert, M., Pérez-Estaún, A., Friedman, R. y Ullrich, T.D., (2007). Magmatic relationships and ages between adakites, magnesian andesites and Nb-enriched basalt-andesites from Hispaniola: record of a major change in the Caribbean island arc magma sources. *Lithos* 99, 151-177. doi: 10.1016/j.lithos.2007.01.008.

Escuder Viruete, J., Díaz de Neira, A., Hernaiz Huerta, P.P., García-Senz, J., Monthel, J., Joubert, M., Lopera, E., Ullrich, T., Friedman, R., Weis, D., Pérez-Estaún, A. (2007). Implicaciones tectonomagmáticas y edad de las toleítas de arco-isla, boninitas y rocas ácidas relacionadas de la Formación Los Ranchos, Cordillera Oriental, República Dominicana. *Boletín Geológico y Minero*, 118-2, 195-219.

Escuder Viruete, J., Joubert, M., Urien, P., Friedman, R., Weis, D., Ullrich, T., Pérez-Estaún, A. (2008). Caribbean island-arc rifting and back-arc basin development in the Late Cretaceous: geochemical, isotopic and geochronological evidence from Central Hispaniola. *Lithos*, 104: 378-404. doi:10.1016/j.lithos.2008.01.003

Escuder-Viruete, J., Pérez-Estaún, A., Weis, D.,(2009). Geochemical constraints on the origin of the late Jurassic proto-Caribbean oceanic crust in Hispaniola. *International Journal of Earth Sciences*, 98, 407-425. doi: 10.1007/s00531-007-0253-4.

Gonzales de Vallejo, L., (1980). Fallas activas y sus implicaciones en la ingeniería. Active faults and their implications for engineering; Anales del IV congreso peruano de geología; Parte VI. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 65, p. 99-103.

Guerra Peña, F. (1966) Las Regiones Fisiográficas de la Isla de Santo Domingo. Unión Geográfica Internacional. Conferencia Regional Latinoamericana, III.

IGME (2004). Mapa Geomorfológico y de Procesos activos susceptibles de constituir Riesgo geológico a escala 1:100.000. Guía para su elaboración. (Inédito).

-
- 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.
- Mann, P., (1999). Caribbean Sedimentary Basins: Classification and Tectonic Setting from Jurassic to Present. En: Mann, P. (ed.), Caribbean Basins. Sedimentary Basins of the World, 4, 3-31.
- 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. Geol. Society of America Special Paper, 262, 1-28.
- Mann, P., Prentice, C., Burr, G., Peña, R., Taylor, F. W. (1998): Tectonic geomorphology and paleoseismology of the Septentrional fault system, Dominican Republic. En: *Active Strike-Slip and Collisional Tectonic of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone* (DOLAN, J. F., MANN, P., Eds.). *Geological Society of America Special Paper, N° 326*.
- Mann, P., Calais, E., Ruegg, J-C., DeMets, C., Jansma, P. E., (2002). Oblique colisión in the northeastern Caribbean from GPS measurements and geological observations. *Tectonics*, 2(6), 26pp.
- Obiols, A. y Perdomo, R. (1966). Atlas de información básica existente y lineamientos para la planificación del Desarrollo integral de la RD. Guatemala.
- Pérez-Estaún, A., Tavares, I., García Cortés, A., Hernaiz, P.P., Eds. (2002). Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. *Acta Geologica Hispanica*, 37, 77-80.
- Pérez-Estaún, A., Hernaiz, P.P., Lopera, E., Joubert, M., Eds. (2007). Geología de la República Dominicana. *Boletín Geológico y Minero, IGME*, 118-2, 155-413.

Pérez Valera, F. y Abad, M. (2008). Informe estratigráfico y sedimentológico preliminar . Proyecto SYSMIN.

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

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.

YUNARISK: Catálogo de inundaciones en la Cuenca del Río Yuna, República Dominicana -1977-2007. Coordinación: Morales Rodríguez, C.G. y Ortega Villazán (ATRISK-Uva). Consultor: Del Río de Blas, R. (ATRISK-PNUD). ONFED.