



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

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

ESCALA 1:100,000

SANCHEZ

(6273)

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

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada en el periodo 2008-2009 por Informes y Proyectos S.A. (INYPESA), formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPESA, dentro del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, con normas, dirección y supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN), habiendo participado los siguientes técnicos y especialistas:

CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

- Lic. Juan Escuer Solé (INYPESA)

CARTOGRAFÍA DE PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

- Lic. Juan Escuer Solé (INYPESA)

REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Lic. Juan Escuer Solé (INYPESA)

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 (TYPESA) del Programa SYSMIN

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

- Dr. Andrés Pérez Estaún (Instituto 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 de forma expresa al geólogo Alberto Díaz de Neira la estrecha colaboración mantenida con el autor del presente trabajo; sus ideas y sugerencias sin duda han contribuido notablemente a mejorar la calidad del mismo.

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	6
1.1	Metodología	6
2.	DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA.....	10
3.	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.....	13
3.1	Estudio morfoestructural.....	13
3.1.1	Formas estructurales	15
3.2	Estudio del modelado	16
3.2.1	Formas gravitacionales.....	17
3.2.2	Formas fluviales y de escorrentía superficial.....	18
3.2.3	Formas litorales y marinas.....	19
3.2.4	Formas lacustres y endorreicas.....	19
3.2.5	Formas poligénicas.....	20
3.2.6	Formas por meteorización química.....	20
3.2.7	Formas antrópicas	22
4.	FORMACIONES SUPERFICIALES.....	23
4.1	Formaciones gravitacionales.....	23
4.1.1	Cantos, arenas y lutitas. Coluviones (a). Holoceno.....	23
4.2	Formaciones fluviales y de escorrentía superficial	23
4.2.1	Arenas y limos. Llanuras de inundación y rellenos de meandro (b). Holoceno	23
4.2.2	Gravas, arenas y limos. Fondos de valle (e). Holoceno	24
4.2.3	Gravas, arenas y limos. Terrazas fluviales (c). Pleistoceno	24
4.2.4	Bloques, gravas, y arenas. Abanicos y conos de deyección (e). Holoceno	24
4.3	Formaciones lacustres	25
4.3.1	Limos y arcillas de decantación. Lago colmatado (f) y laguna estacional (g). Holoceno.....	25
4.4	Formaciones marinas-litorales	25

4.4.1	Limos y arenas salobres. Marismas altas (k). Holoceno.....	25
4.4.2	Limos y arenas. Marismas bajas (l). Holoceno	25
4.4.3	Arenas. Cordones litorales (i). Holoceno	26
4.4.4	Arenas y limos. Delta (j).....	26
4.4.5	Limos de albufera. Lagoon (m).....	26
4.5	Formaciones por meteorización química.....	26
4.5.1	Arcillas de decantación. Terra rossa, relleno de dolinas (n). Holoceno	26
4.6	Formaciones poligénicas	27
4.6.1	Limolitas, y cantos. Abanicos de baja pendiente (Glacis). (e). Holoceno.	27
5.	EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA.....	28
6.	PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO	34
6.1	Actividad sísmica	35
6.2	Tectónica activa.....	37
6.2.1	Movimientos horizontales	38
6.2.2	Movimientos verticales.....	38
6.2.3	Paleosismicidad.	39
6.2.4	Licuefacción.....	41
6.3	El rol de los ciclones tropicales en los procesos activos.....	41
6.4	Actividad asociada a procesos de erosión.....	42
6.5	Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación .	43
6.5.1	Tsunamis	46
6.6	Actividad asociada a litologías especiales	46
6.7	Actividad asociada a movimientos de laderas	47
6.8	Actividad antrópica.	48
6.8.1	La problemática del “rockash”.....	48
7.	REFERENCIAS CITADAS	49

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Metodología

Debido al carácter incompleto y no sistemático del mapeo de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través de la Dirección General de Minería (DGM), se decidió a abordar a partir de finales de la década pasada, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea, en concepto de donación. 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 Sánchez. Durante la realización de la Hoja Geomorfológica a escala 1:100.000 de Sánchez se ha utilizado la cartografía geológica de las 4 hojas a escala 1:50.000 elaborada durante el presente proyecto: Sánchez (6273-I), Palmar Nuevo (6273-II), Cevicos (6273-III), Villa Riva (6273-IV), además de la información disponible de diversa procedencia y las fotografías aéreas 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 PC portátil con sistema GARMIN acoplado de GPS (System Global Positioning) y el software Global Mapper 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 Sánchez (6273). 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: Sánchez (6273-I), Palmar Nuevo (6273-II), Cevicos (6273-III), Villa Riva (6273-IV), 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).

2. DESCRIPCIÓN FISIOGRAFICA

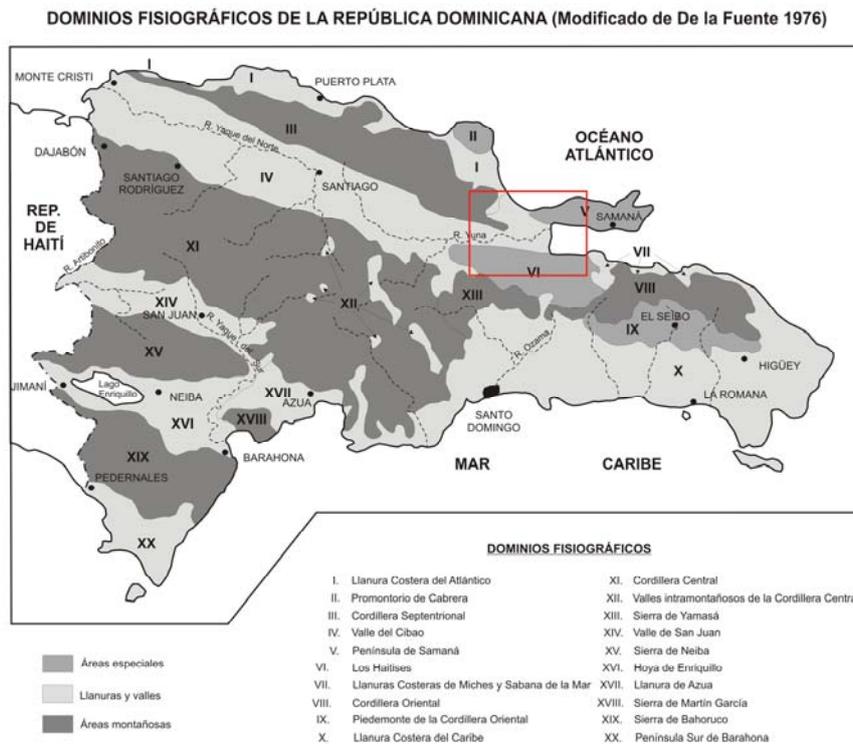


Fig. 2.1 Dominios fisiográficos de la República Dominicana y situación de la Hoja a escala 1:100.000 de Sánchez. De la Fuente (1976).

La Hoja de Sánchez se localiza en la parte meridional de la República Dominicana, desde las últimas estribaciones de la **Cordillera Septentrional**, donde empieza a desaparecer en forma de colinas bajas, hasta la Bahía de Samaná, englobando parte de la **Península de Samaná** y de **los Haitises**. Queda definida principalmente por los bajos desniveles de las planicies de la cuenca del Valle Oriental del Cibao, que se encuentran bañadas por las aguas del río Yuna y el Atlántico, y además, divide la hoja en cuatro partes principales: la Cordillera Septentrional en el noroeste, los Haitises, ocupando el S de la hoja y la Sierra de Samana (o Haitises del N) en el NE, separados por la **llanura aluvial del Yuna**, en la parte final de su camino hacia el mar. El terreno llano pantanoso de **El Gran Estero**, con materiales depositados por el Yuna, separa la Sierra de Samaná de la Cordillera Septentrional en la zona norte.

De esta manera, los niveles topográficos de la hoja vienen condicionados por estas zonas estructurales principales, pero no alcanzan valores importantes. Varían desde los 0 msnm en la línea de costa, hasta los 606 msnm en la Loma Guaconejo, en

el extremo NW, perteneciente a las estribaciones más orientales de la zona montañosa de la Cordillera Septentrional. Le siguen otras elevaciones menos importantes como la Loma El Firme con algo más de 500 msnm, también en la Cordillera Septentrional y la Loma La Cordillera, con 528 msnm, y Las Cañitas, con 546 msnm, ambas pertenecientes a la Sierra de Samaná, en la parte nororiental de la Hoja.

En el S de la Hoja, **los Haitises** abarcan una franja extensa de E a W con su 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. Hacia el W sólo el río Payabo se ha hecho espacio cruzando de N a S, formando un cañón en cuyo fondo ha ido depositando sus terrazas. En el SW, los materiales kársticos han sido también retrabajados por la cuenca hidrográfica del Cevicos, confiriendo una morfología más planar. Sucede lo mismo un poco más al este con los afluentes del Cevicos.

En el NE, el Atlántico se adentra en la isla en la Bahía Escocesa y en el extremo este de la hoja, en la Bahía de Semana. Ambas quedan separadas por la Península de Samana, que se adentra en el océano, y se encuentra formada por los materiales calcáreos karstificados de la Sierra de Samaná, envueltos por las planicies costeras de sedimentos retrabajados por el mar. De Punta Balatà a Punta Jackson la costa es muy angosta, mientras que en el sur y en el extremo NE toma mayores dimensiones.

En el centro de la hoja se extiende el Valle del Yuna, donde el río Yuna cruza de W a E describiendo meandros bien diferenciados debido al bajo desnivel, más acentuado a medida que nos acercamos a la Bahía de Samaná. En esta parte final, antes de su desembocadura en Boca de la Mata, el Yuna cede sus aguas al Río Barracote a través del Caño La Isla, que a su vez, desembocará al mar en de Barracote.

La red de drenaje de la hoja pertenece a la vertiente norte (o del Atlántico), siendo el Yuna el más importante y el de mayor cuenca hidrográfica. Este río cruza de E a W formando un amplio valle, con su límite sur bien diferenciado, de forma neta, de los Haitises, desde los que recibe las aguas del río Payabo, su afluente más importante dentro de la hoja, del Cevico y de algunos pocos arroyos y caños menos importantes que fluyen de S a N. En su vertiente N también recibe aportes desde la Cordillera Septentrional y de la Sierra de Samaná. En el NW, aparece el Río Nagua cruzando la Cordillera Septentrional y su afluente el Helera.

En el sur de la Península de Samaná una decena de arroyos vierten sus aguas directamente al océano. En el norte de la península también hay algún arroyo desembocando en el Atlántico.

El clima dominante es el tropical húmedo, 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. Dependiendo de la zona de la Hoja y las precipitaciones registradas, encontramos el Clima Tropical Húmedo de Bosque (en los Haitises y la Península de Samaná), donde se produce una precipitación anual de más de 2000 mm, y el Clima Tropical Húmedo de Selva (en el borde oriental de la Cordillera Septentrional y los pantanos del Gran Estero), con más de 2500 mm de precipitación anual, llegando a los 2255 mm/anuales en Villa Riva. Esto se debe a la presencia de los vientos alisios y la influencia de los Haitises.

En el Valle del Yuna hay gran desarrollo de canales, pero el riego se realiza principalmente aprovechando las lluvias.

3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

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

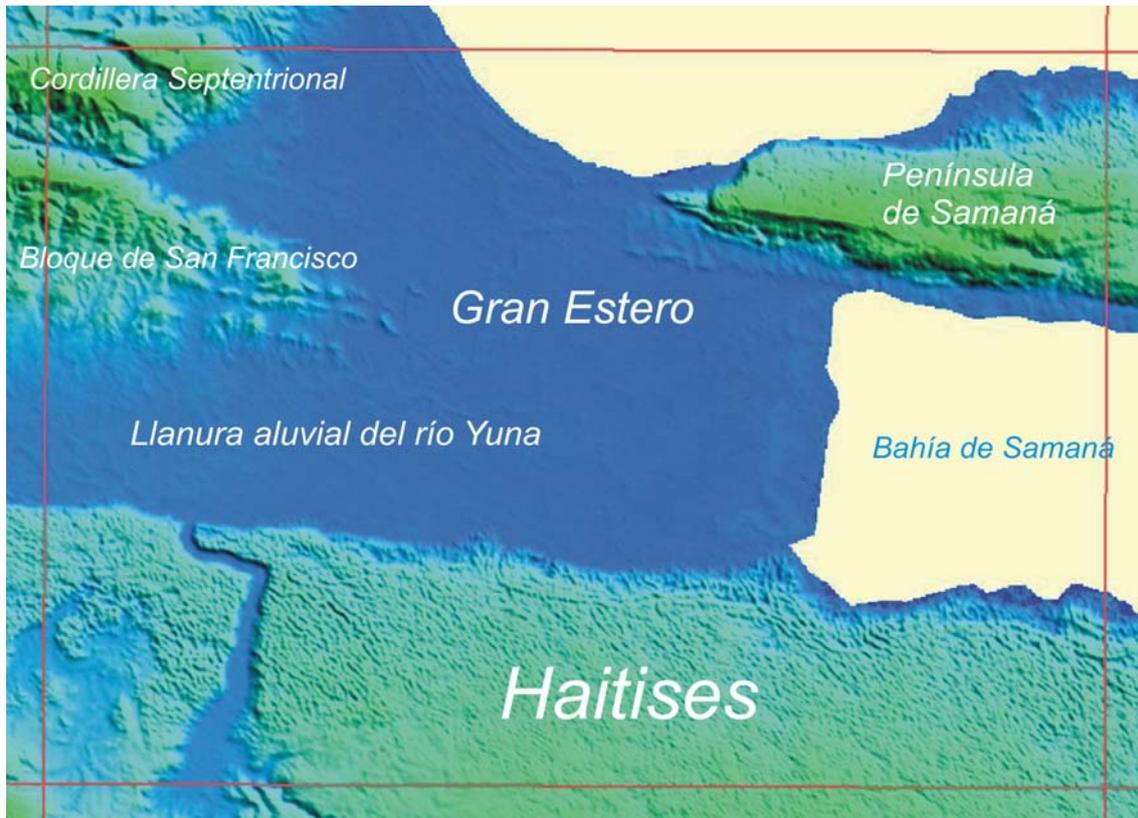


Fig. 3.1. Modelo Digital del Terreno mostrando las principales unidades morfoestructurales de la Hoja a escala 1:100.000 de Sánchez. (Fuente MDT: SRTM)

3.1 Estudio morfoestructural

La isla Hispaniola está cortada, de noroeste a sureste, por 8 grandes fallas regionales que dividen la isla en cuatro importantes fragmentos de placas, de los cuales, el bloque Septentrional se encuentra integrado por el valle del Cibao, la Bahía de Samaná, la Cordillera Septentrional, la Península de Samaná, la costa Atlántica y el talud insular norte. (Cámara Petrolera de la Rep. Dominicana, 2005)

En la Hoja aparecen las siguientes unidades morfoestructurales de rango mayor: la Cordillera Septentrional, la Cordillera Oriental, representada por los Haitises,

la península de Samaná y el Valle del Cibao. Este último se subdivide clásicamente en dos unidades: el Cibao Oriental o Valle de la Vega Real al Oeste y el Cibao Occidental o Valle de Santiago, también llamado Valle del Yaque del Norte, al Este. La Hoja de Sanchez incluye terrenos pertenecientes al de la Vega Real, también conocido como Valle del Yuna.



Fig. 3.2. Principales unidades Morfotectónicas de La Española según Draper y Lewis (1991).

En el W de la Hoja, las estribaciones meridionales de la Cordillera Septentrional se encuentran separadas de los Haitises por el Valle del Yuna en su parte más estrecha, a partir de allí, éste se ensancha hasta formar un delta, que es un terreno que se va ganando naturalmente y protege a los materiales de la llanura aluvial de la acción salinizadora del mar.

La Península de Samaná es, casi en su totalidad, una masa montañosa de materiales metamórficos (principalmente mármol) cuyo grupo principal de montañas se compone de tres sierras paralelas, siendo la central la de mayor altitud (De la Fuente, 1976), sin constituir un relieve escarpado. Al conjunto de estas tres sierras se le conoce con el nombre de Sierra de Samaná, la cual está formada en ambos extremos por materiales carbonatados incluyendo rocas metamórficas, con abundancia de mármol.

La plataforma carbonatada plio-cuaternaria de Los Haitises es el resultado del desarrollo arrecifal en torno a una incipiente Cordillera Oriental configurada a modo de isleos a finales del Terciario; su progresiva emersión provocó el retroceso de los complejos arrecifales hasta su posición actual. Sus depósitos se disponen

discordantemente sobre los materiales cretácico-paleógenos, y están constituidos por las margas con intercalaciones calcáreas de la Fm Yanigua a las que se superponen las calizas arrecifales de la Fm Los Haitises en la región del mismo nombre. Geomorfológicamente, esta unidad se caracteriza por la presencia de claros elementos de morfología kárstica, con elevaciones muy acusadas producidas como residuos de fenómenos de disolución, y la identificación de importantes formas de absorción, del tipo dolinas y simas, tanto activas, como fósiles

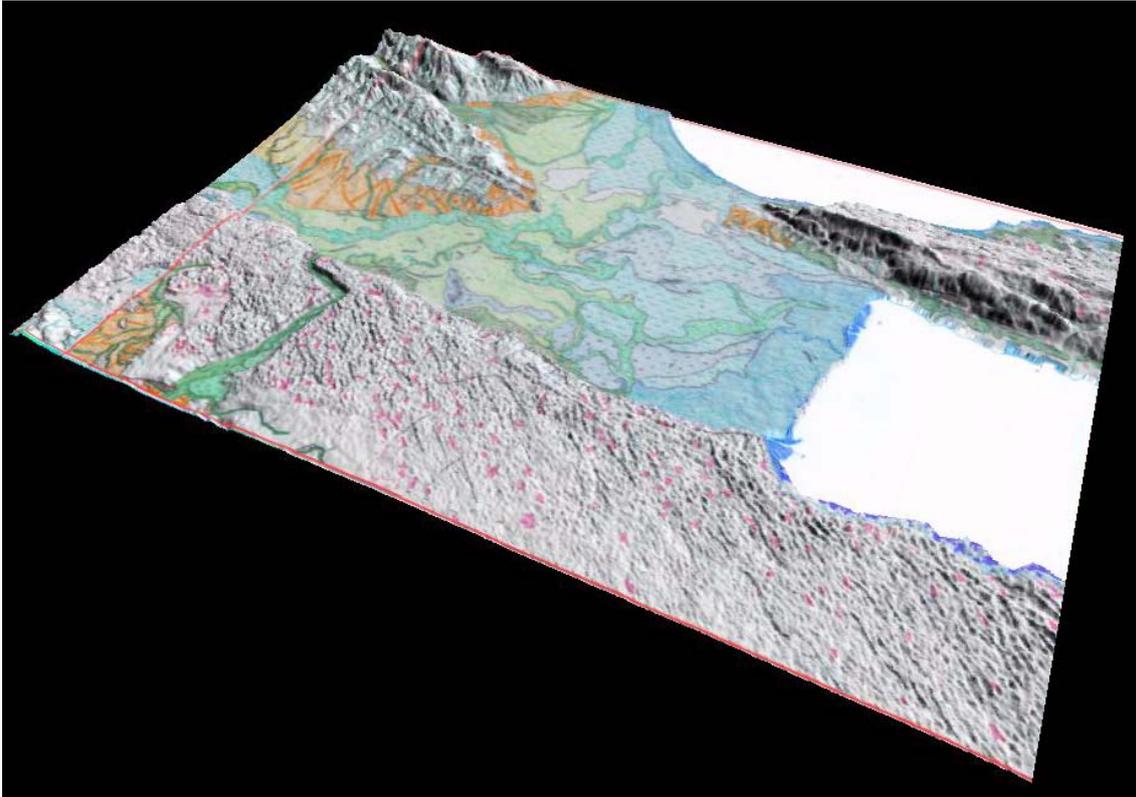


Fig. 3.3. Bloque diagrama mostrando los rasgos principales del modelado geomorfológico de la Hoja a escala 1:100.000 de Sánchez. . (Mapa Geomorfológico de la Hoja de Sánchez sobre MDT SRTM 90m. Para la Leyenda consultar la propia Leyenda del Mapa Geomorfológico.)

3.1.1 Formas estructurales

La influencia tectónica en el origen y configuración del relieve queda reflejada en las denominadas formas estructurales. La alternancia de capas de roca con diferente respuesta al ataque de los agentes externos propicia la erosión diferencial reflejando en la morfología caracteres geológicos estructurales. Es, por tanto, la estructura geológica la que controla el relieve. Los agentes externos sólo descubren y modelan sobre un patrón preestablecido.

Las formas estructurales tienen una importancia morfogenética notable en la Hoja de Sánchez. Se trata de fallas con expresión morfológica clara que aparecen en las formaciones estructurales montañosas. La zona de Sánchez estructuralmente es compleja, con pequeños movimientos a lo largo de fallas verticales. Esta zona ha sido sometida a intensos movimientos tectónicos que le han proporcionado una compleja estructura geológica con un alto grado de fracturación (SODOGEO, 2005). En la Cordillera Septentrional toman direcciones NW-SE, paralelas a la Falla Septentrional. En los Haitises y en la Sierra de Samaná se distribuyen dos familias de fracturas de forma oblicua, siendo mayoritarias las que siguen dirección NW-SE. En el caso de la Sierra de Samaná se ha producido un basculamiento del bloque hacia el NE. En ocasiones, la presencia de rasgos morfológicos parece estar condicionada por una falla, sin que se tenga la total certeza de su existencia; en otras, las fallas parecen encontrarse bajo depósitos cuaternarios sin afectarlos, habiéndose representado en ambos casos como fallas supuestas.

Las superficies estructurales aparecen ampliamente desarrolladas en relación con estas estructuras, preferentemente en su zona alta, y están definidas por la existencia de superficies regulares controladas por la existencia de una capa dura, competente, en este caso calizas. Estas superficies se encuentran con un alto nivel de degradación, bien por la incisión de la red fluvial, bien por la disolución química de carbonatos, que da lugar a una intensa karstificación.

Los límites de las superficies estructurales pueden ser muy abruptos mostrando escarpes estructurales más o menos importantes. Estos se desarrollan gracias a la existencia de una capa dura y no están vinculados necesariamente a la aparición de una plataforma pudiendo aparecer de forma individualizada. En la cartografía se han diferenciado atendiendo a su tamaño.

Otras formas estructurales cartografiadas son las crestas y los cerros cónicos, producto del contraste litológico y la diferente resistencia a la erosión de los materiales.

3.2 . Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Cordillera Septentrional, las plataformas carbonáticas de los Haitises y de la Península de Samana y la llanura aluvial del río Yuna, tiene como resultado una expresión geomorfológica sensiblemente diferente. Así, el modelado de las sierras es el producto de una larga evolución presidida por los procesos geodinámicos internos acaecidos a lo largo del Cenozoico, generadores de relieves positivos, sobre los que han actuado,

con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o modelado de dichos relieves, destacando los de carácter fluvial, gravitacional y kárstico.

En el caso de la llanura aluvial del río Yuna, puede considerarse que la creación de su fisonomía básica arranca con los procesos de sedimentación y acumulación de los materiales procedentes de las Cordilleras Central y Septentrional, iniciados entrado el Cenozoico, en el Valle del Cibao.

El retrabajamiento en la costa por parte del océano es el responsable en última instancia del modelado de las Bahías de Samaná y Escocesa. El agua del mar se adentra, en forma de agua salobre, al mezclarse con la dulce de los ríos, dando lugar a la formación de marismas. En zonas donde el agua de los ríos queda estancada sin salida al mar, se han formado ciénagas y áreas endorreicas.

3.2.1 Formas gravitacionales

Pese a los desniveles existentes en el ámbito de la Cordillera Septentrional, no se trata de formas excesivamente extendidas ni de dimensiones suficientes para su cartografía, en buena parte como consecuencia de la propia dinámica de retroceso de las vertientes, que provoca su permanente evolución. Las formas sí representadas son los coluviones, formados como respuesta al desequilibrio provocado en las laderas por la erosión fluvial en los Haitises, en el SW de la Hoja y en la vertiente S de la Sierra de Samaná.

Los movimientos en masa dentro de esta hoja son un proceso geomorfológico poco abundante aunque significativo. Sirvan como ejemplo los deslizamientos que afectan a la población de Sánchez. 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. 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.

3.2.2 Formas fluviales y de escorrentía superficial

Son las formas con mejor representación cartográfica de toda la zona. Su cartografía permite asimismo y de forma complementaria una detallada caracterización de la red de drenaje. Constituyen la práctica totalidad de la superficie de la de la llanura aluvial del río Yuna, donde destaca la extensión de los cinturones de meandros, sin olvidar la orla de glacis, abanicos y conos de deyección que se disponen al pie de los relieves. La mayor variedad de depósitos fluviales se encuentra en el valle del río Yuna, en el cual se han diferenciado: terrazas, llanura de inundación, cauces y meandros abandonados.

Los fondos de valle aparecen bien representados en la Cordillera Septentrional y en el enlace de esta con la Llanura del río Yuna. Estas formas suelen quedar delimitadas por rupturas de pendiente, más o menos pronunciadas, cóncavas, en ambas orillas a lo largo de su curso. Pueden presentar drenaje en su parte media o no. Cuando el drenaje incide el fondo de valle, se ha cartografiado como incisión lineal. Es frecuente que los fondos de valle hayan sido habilitados para el cultivo por lo que muestran cierta antropización que se traduce en márgenes que protegen los campos. Esta forma implica por si misma un cierto depósito. A pesar de su aparente falta de funcionalidad forman parte de la red de drenaje concentrando, en caso de fuertes precipitaciones, la arroyada. Son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de los principales elementos de la red fluvial actual.

Se ha identificado un solo nivel de terrazas, en el río Yuna y su afluente el Payabo, probablemente como consecuencia del bajo potencial de encajamiento debido a la escasa diferencia altimétrica entre la llanura y su nivel de base, constituido por el océano Atlántico.

Entre las formas erosivas se han reconocido: marcas de incisión lineal, ampliamente representadas en la Cordillera Septentrional y aristas de interfluvio.

También tienen representación conos de deyección o abanicos aluviales dispuestos al pie de los relieves de las vertientes de la Cordillera Septentrional y de la Sierra de Samaná, en su parte Sur. Su depósito se produce en la confluencia de los elementos de la red fluvial con áreas menos encajadas, en las cuales la carga transportada por aquellos pierde su confinamiento, expandiéndose. Las dimensiones de estos conos pueden ser importantes.

3.2.3 Formas litorales y marinas

Se concentran en la orla litoral desde la Bahía Escocesa hasta la Bahía de Samaná, englobándola, donde toman gran extensión, debido al escaso desnivel desde la costa hacia el interior.

El río Yuna presenta un delta en su desembocadura, que se extiende desde Caño Estero Hondo, en la Bahía Escocesa, hasta el río Barracote, en el límite con los Haitises, al sur. En el delta predominan los terrenos pantanosos, como las ciénagas y las zonas endorreicas.

Los materiales aportados por el Yuna a través del Caño Estero, y el Arroyo Caño Colorado hacia la Bahía Escocesa son redistribuidos por las corrientes marinas a lo largo de la costa. Como prueba de ello un cordón litoral se extiende a lo largo de unos 15 km a lo largo de la costa, comenzando en el W, en la Hoja anterior, hasta Punta Jackson. Hacia el E, el cordón continúa, bordeando la Sierra de Samaná hasta desaparecer hacia la siguiente Hoja, formando playas angostas, en las que varios arroyos aportan los materiales que posteriormente el mar va retrabajando. La morfología del mismo está definida por el desarrollo longitudinal de dunas, que alcanzan alturas métricas, a cuya espalda se reconocen los surcos de crecimiento.

La influencia de las mareas ha permitido el desarrollo de una marisma baja, localizada bajo la influencia de las mareas diarias y colonizada por un manglar, y de una marisma alta, situada en la zona de influencia de las mareas excepcionales; debido a la baja pendiente del terreno, se extienden varios kilómetros hacia el interior localizándose los mayores desarrollos en dirección paralela al Yuna, alcanzando en diversas ocasiones los 18 km. El detalle geomorfológico de la zona incluye canales, brazos fluviales abandonados y lagunas mareales.

3.2.4 Formas lacustres y endorreicas

Se hallan representadas por las áreas pantanosas que abarcan grandes zonas, desde el S de la Península de Samaná, donde desembocan varios arroyos, hacia el interior, en dirección SW, es el denominado Gran Estero. También podemos encontrarlas en el S del Yuna. En estas zonas se desarrollan algunas lagunas estacionales. Las lagunas permanentes se forman en la llanura aluvial del Yuna y también en las áreas pantanosas.

3.2.5 Formas poligénicas

Se incluyen en este grupo las formas cuya morfogénesis puede atribuirse a la acción simultánea o sucesiva de más de un proceso morfogenético. En este grupo se incluyen los piedemontes.

Los piedemontes constituyen la transición entre zonas elevadas, donde la erosión es el proceso predominante, y las áreas de bajo relieve en las que imperan el transporte y sedimentación, este es el caso de los piedemontes situados bordeando las vertientes de la Cordillera Septentrional. Por tanto, las morfologías que se generan en los pedimentos pueden ser de carácter erosivo o mixto como los glacis o claramente deposicional como los abanicos aluviales.

Los glacis y los abanicos aluviales pueden estar íntimamente relacionados por lo que a veces surge un problema para diferenciarlos aunque desde un punto de vista morfogenético los abanicos se incluyen claramente en el sistema fluvial. Un abanico puede convertirse en un glacis como consecuencia del descenso del nivel de base y un aumento de la erosión que provoca su degradación y, a su vez, este puede quedar fosilizado por aportes posteriores formando un claro abanico. Se ha preferido describir los piedemontes que aparecen en la Hoja como glacis por diversas razones: en primer lugar para remarcar su origen poligénico; asimismo se ha tenido en cuenta que los glacis son propios de áreas con relieve poco contrastado, como es el caso, a diferencia de los abanicos, que son más abundantes en relieves enérgicos; el espesor del depósito es inferior a 1/100 de la longitud de la forma y presenta las mayores potencias, al menos aparentemente, en las zonas más distales, características más propias de los glacis; por último el considerar la peculiaridad climática de esta zona semiárida y seca, entorno más típico de los glacis que de los abanicos aluviales. De todas formas la adscripción de estas formas a abanicos aluviales de baja pendiente degradados también es posible aunque por su descripción haya que incluirlos necesariamente en las formas poligénicas.

3.2.6 Formas por meteorización química

Se encuentran relacionadas principalmente con la intensa karstificación que afecta a los materiales carbonatados aflorantes de los Haitises y la Sierra de Samaná, constituyendo extensas plataformas kársticas. Los Haitises son el resultado de la fuerte erosión de las calizas duras Neógenas, debido a las abundantes lluvias de la zona y las aguas del mar (De la Fuente, 1976). Puede considerarse que esta zona ha sido sujeta a aplanamiento kárstico y constituye una superficie de corrosión. Dichas

áreas se manifiestan como un campo de dolinas, con abundantes formas de disolución de pequeña escala, de formas redondeadas o elipsoidales.

Las aguas subterráneas aprovechan las zonas de debilidad del substrato debidas a la mineralogía, textura, densidad de fracturación generándose tendencias particulares en el desarrollo del relieve de un macizo rocoso.

La región de Los Haitises, se configura como un área con intensa karstificación, a modo de campo de grandes dolinas y mogotes (*hums*) característicos del karst tropical en *caja de huevos* (relieve cockpit) de forma elipsoidal, orientadas en dirección NO-SE. La simple observación del mapa topográfico o el MDT 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.

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 localizadas en el litoral, con todo un cortejo de formas asociadas, como estalactitas, estalagmitas, ventanas, etc.

Por otro lado en la península de Samaná 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. Así se observan diferentes tipos de dolinas, uvalas, cuevas, bufón-bufadero (blowholes), campos de pequeñas dolinas, cañones, gargantas y/o desfiladeros de origen kárstico, montículos o *hums* y lapiaz.

El lapiaz es una forma abundante y se puede observar en muchos puntos de la Península de Samaná tanto sobre los mármoles mesozoicos como sobre rocas carbonatadas más recientes. Las dolinas y uvalas 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. Las cuevas existen en muchos puntos, como parte del endokarst desarrollado con un complejo de grutas y cavernas sobre los Haitises como sucede en la Cueva Infierno, pero sobretodo se observan en la zona de los acantilados, donde presentan morfologías asociadas, como son los espeleotemas (estalactitas, estalagmitas, ventanas, columnas, etc).

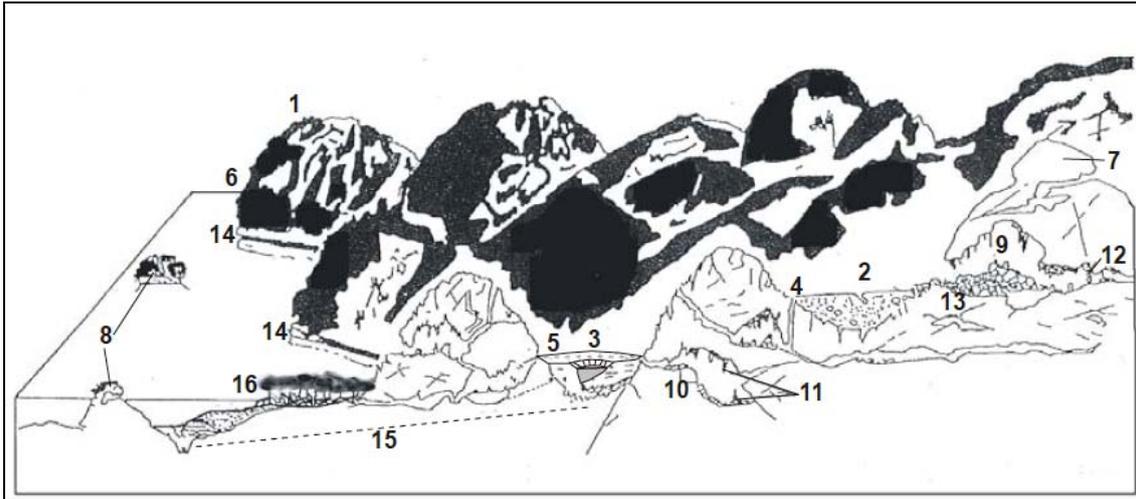


Fig. 3.4. Esquema geomorfológico y elementos del karst tropical de colinas de Los Haitises: 1. Haitises o mogotes (colinas kársticas); 2. Depresiones: dolinas, uvalas, bogaz, macrouvalas y poljes; 3. Jaguey (depresión kárstica inundada); 4. Furnia (sima, pozo); 5. Consumidero (pérdidas); 6. Farallón; 7. Mamelón; 8. Cayo; 9. Guácara (cavidad, cueva); 10. Gours; 11. Estalactitas y estalagmitas; 12. Columnas; 13. Caos de bloques; 14. Encoche (erosión marina +1 m.); 15. Manantial; 16. Manglar. Díaz del Olmo et al. (1995)

3.2.7 Formas antrópicas

Como agente geomorfológico, el hombre actúa en diferentes sentidos: modificando el paisaje debido a los usos del suelo para actividades agropecuarias, labores extractivas (canteras a cielo abierto, minería, trincheras, desmontes), construcción de redes de transporte y asentamientos 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 (núcleos urbanos, viales, ferrocarriles y otros elementos planimétricos).

4. FORMACIONES SUPERFICIALES

Las formaciones superficiales son conjuntos litoestratigráficos formados por materiales frecuentemente no coherentes o secundariamente consolidados, relacionados con la evolución reciente del relieve, y con un espesor máximo de orden decamétrico y edad cuaternaria o pliocuaternaria. Estas formaciones pueden ser cartografiadas y ser definidas atendiendo a atributos como geometría, textura, potencia, tamaño, génesis y cronología.

A continuación se relacionan las unidades cartografiadas y sus principales características.

4.1 Formaciones gravitacionales

4.1.1 Cantos, arenas y lutitas. Coluviones (a). Holoceno

En general se trata de depósitos muy heterométricos, con acumulación caótica de bloques y gravas con abundante matriz limosa. La forma de los cantos es angulosa, excepto cuando ya están rodados en el área fuente, ya que provienen de un transporte a corta distancia. La litología de estos depósitos en la Hoja es mayormente carbonática, igual que el sustrato del área fuente de la que provienen. Su potencia y características internas también son variables, no pudiendo precisarse aquella por ausencia de cortes de detalle, aunque se deducen potencias de orden métrico. En cuanto a su edad, se asignan al Holoceno.

4.2 Formaciones fluviales y de escorrentía superficial

4.2.1 Arenas y limos. Llanuras de inundación y rellenos de meandro (b). Holoceno

El aspecto más frecuente de las llanuras de inundación es el de una banda de anchura hecto a kilométrica constituida por limos entre los que se intercalan niveles de arenas. En el caso de la del río Yuna; en su seno se reconocen estrechas bandas alargadas serpenteantes temporalmente inundadas, correspondientes a cauces y meandros abandonados, que muestran un cierto contenido lutítico. Su espesor es difícil de determinar ante la ausencia de cortes, pero se estima que es de orden métrico a decamétrico. Se incluyen en el Holoceno.

4.2.2 Gravas, arenas y limos. Fondos de valle (e). Holoceno

Los fondos de valle están constituidos fundamentalmente por gravas y arenas. Las gravas contienen cantos redondeados heterométricos, pudiendo señalarse orientativamente un diámetro de 10-20 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 5 m.

Constituyen una de las principales manifestaciones de la dinámica actual, por lo que se asignan al Holoceno.

4.2.3 Gravas, arenas y limos. Terrazas fluviales (c). Pleistoceno

Aparecen siguiendo los cursos de los ríos principales, con especial desarrollo en el Yuna. No alcanzan gran extensión, por lo que no se han identificado diferentes subniveles. Están formadas por gravas polimícticas, de cantos redondeados con tamaño de canto, que oscila entre guijarro y bloque. La matriz es arenosa de granulometrías gruesas. La composición de los cantos, dependiendo del área fuente, incluye rocas de diverso origen pudiendo incluir rocas ígneas y metamórficas procedentes de la Cordillera Central, y rocas procedentes de los relieves estructurales de las plataformas carbonáticas, aunque no adquieren gran significancia. Sobre estos materiales es habitual encontrar arenas, con estratificación cruzada y por encima de estas, suelos edáficos que pueden incluir horizontes de acumulación de carbonatos.

4.2.4 Bloques, gravas, y arenas. Abanicos y conos de deyección (e). Holoceno

Tienen su máximo desarrollo en el borde oriental de la Cordillera Septentrional, suavizando el desnivel hacia la llanura de inundación del Neiba, en las vertientes N y S de la Sierra de Llamaza y en la vertiente N de los Haitises. Están formado por bloques, gravas y arenas de composición polimíctica, fundamentalmente calcárea en el caso de las plataformas carbonáticas. Su origen se debe a la acumulación de materiales arrastrados procedentes de un curso torrencial, en la parte baja del canal de desguace, donde hay un cambio de pendiente cóncavo y las aguas pierden competencia.

4.3 Formaciones lacustres

4.3.1 Limos y arcillas de decantación. Lago colmatado (f) y laguna estacional (g). Holoceno

Los lagos colmatados de la Hoja se encuentran en las zonas cercanas a la desembocadura de los ríos, con escaso desnivel topográfico. Los sedimentos finos que van llegando al lago se van acumulando hasta colmatarlo, formándose barrizales. En ocasiones, los lagos se inundan de forma estacional, con unas temporadas de sequedad y otras en las que permanece ocupado por agua.

4.4 Formaciones marinas-litorales

4.4.1 Limos y arenas salobres. Marismas altas (k). Holoceno

Son depósitos, de carácter eminentemente detrítico fino. En el caso de las marismas altas y de las llanuras de mareas abandonadas, son visibles grandes superficies de eflorescencias salinas. No se ha observado corte alguno que permita una detallada descripción de las unidades, ni tampoco el establecimiento de su espesor, posiblemente de orden métrico a decamétrico. En cuanto a su edad, corresponden al Holoceno.

4.4.2 Limos y arenas. Marismas bajas (l). Holoceno

Son materiales eminentemente lutíticos similares a los anteriores, aunque en el caso de la marisma baja se aprecia un notable contenido de materia orgánica, como consecuencia de su colonización por el manglar. No se ha observado corte alguno que permita una detallada descripción de las unidades, ni tampoco el establecimiento de su espesor, posiblemente de orden métrico a decamétrico. En cuanto a su edad, corresponden al Holoceno.

Los manglares se localizan en los cauces fluviales que llegan hasta la costa arenosa occidental de la Bahía de Samaná así que en las rías del acantilado de Los Haitises de la costa Sur, a favor de la franja arenosas poco profunda (1-4m). Esta marisma baja se prolonga al pie de la ladera, es decir, en el lado interno de esta plataforma de acreción litoral.

4.4.3 Arenas. Cordones litorales (i). Holoceno

Playas de composición eminentemente arenosa. Se trata de arenas finas a medias que se encuentran bordeando la costa, producto del reabajamiento de los materiales por las aguas del mar. Frente a zonas donde se disponen como un manto informe, se reconocen localmente pequeñas dunas con elementos que alcanzan 2 m de altura. En el NW de la Hoja se reconocen los surcos de crecimiento. Su desarrollo ha tenido lugar dentro del Holoceno.

4.4.4 Arenas y limos. Delta (j)

En la desembocadura del Yuna y el río Barracote se forman estructuras convexas por la gran cantidad de material aportado por los mismos, que supera a la redistribución de los mismos por la acción de las aguas del mar. Se trata de materiales polimícticos de tamaño de grano pequeño. Suponen la última etapa de deposición en los ríos.

4.4.5 Limos de albufera. Lagoon (m)

Se trata de materiales finos y ricos en materia orgánica que se acumulan en el fondo de las lagunas que se forman en las tierras que tienen la cota muy cercana a la del mar. El agua es salobre o salada.

4.5 Formaciones por meteorización química

4.5.1 Arcillas de decantación. Terra rossa, relleno de dolinas (n). Holoceno

La disolución cárstica es propia de las rocas carbonatadas, como las calizas. Su efecto produce residuos de disolución, las arcillas de descalcificación, que pueden llegar a tener potencias notables.

En la Hoja, aparecen en toda la formación de los Haitises y en la Península de Samaná, en las zonas de intensa karstificación. En los Haitises al sur de la Bahía de Samaná son arcillas rojas de aspecto masivo, con clastos dispersos del sustrato calizo. Su espesor varía en función de la envergadura de los procesos de disolución, pudiendo superar los 5 m. Su edad inferior está acotada por la de la Fm Los Haitises, por lo que se enmarcan en el Pleistoceno-Holoceno.

Los rellenos son importantes, tanto por su diversidad como por su representatividad, distinguiéndose sedimentos carbonatados y detríticos. Los depósitos carbonatados llegan a tener grandes dimensiones incluso una vez erosionados. Los depósitos detríticos se presentan generalmente en grandes caos de bloques y éstos a veces unidos por coladas estalagmíticas. Dentro de estos caos

destacan los grandes bloques, como por ejemplo, en Cueva Boca del Infierno o en San Gabriel, superando muchas veces la decena de metros de longitud. Entre los depósitos detríticos aparecen estratos laminados comunes en la mayoría de las cavidades.

Cabe citar asimismo la presencia de depósitos organógenos como la murcielaguina, esta se encuentra presente en todas las cavidades estudiadas, a veces en tales cantidades que el depósito ha sido explotado como mina de abono. Lagunas hipógeas que contienen gran cantidad de este elemento tienen un pH entre 6 y 6,5 Díaz del Olmo et al. (1995).

Por último cabe citar los concheros, acumulaciones naturales de conchas, siempre concrecionados, y a veces cubiertos parcialmente por formaciones carbonatadas.

4.6 Formaciones poligénicas

4.6.1 Limolitas, y cantos. Abanicos de baja pendiente (Glacis). (e). Holoceno.

Estas formaciones superficiales cubren extensas áreas con suave pendiente. Su clasificación resulta compleja en función de la gran variabilidad de tamaños y combinación de procesos sedimentarios. En general, en las zonas más proximales dominan los materiales gruesos y angulosos de evolución coluvial o gravitacional pudiendo haberse formado por coalescencia de conos de deyección cercanos entre sí, pasando, en las zonas medias y distales, a materiales más finos y rodados de ambiente aluvial o incluso fluvial. La composición litológica es variada.

5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

Aunque, evidentemente, la morfología de la región está influenciada en última instancia por los procesos sedimentarios acaecidos a lo largo del Neógeno, su fisonomía actual se ha perfilado fundamentalmente en dos etapas de su historia: la primera, durante el Mioceno, en el que la colisión entre el dominio suroccidental de La Española y el resto de la isla estableció la distribución de cordilleras y depresiones visibles hoy día; y la segunda, durante el Plioceno y Cuaternario, cuando el relleno pliocuaternario de las cuencas fue configurado de acuerdo con la geometría actual.



Fig. 5.1. Esquema paleogeográfico de las plataformas marinas en La Española en el Plioceno. Este esquema recoge el desplazamiento mínimo de las plataformas de la Cordillera Septentrional y de la Península de Samaná a lo largo del sistema de fallas de la Falla Septentrional. Braga (2010).

La superposición de ambas etapas estableció el diseño regional básico sobre el que ha actuado el modelado holoceno, diseño basado en la presencia del Valle del Cibao entre la Cordillera Septentrional y el piedemonte de la Cordillera Central.

El movimiento de desgarre sinistral inverso de la zona de Falla Septentrional durante el Neógeno ha producido el levantamiento de la península y su basculamiento hacia el norte.

La Península de Samaná fue primero una isla formada por las rocas cretácicas del basamento, mármoles y rocas volcánicas. De dimensiones probablemente inferiores a las actuales la isla fue creciendo hacia el oeste con los materiales que se le añadieron en el Oligoceno, Mioceno y Pleistoceno mayormente gracias a las construcciones arrecifales.

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.

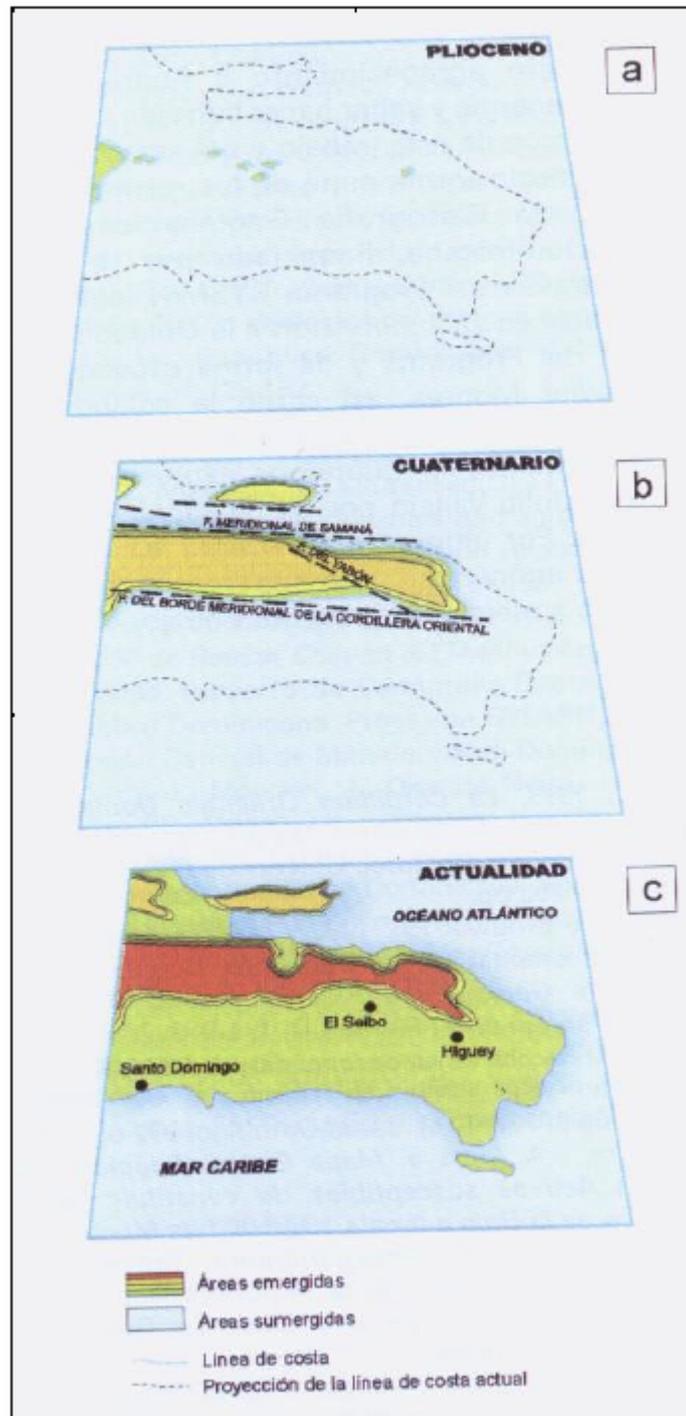


Fig. 5.2. Evolución paleogeográfica del sector oriental de La Española durante el Plioceno-Cuaternario. Díaz de Neira et al. (2007).

La evolución holocena ha estado condicionada principalmente por la tectónica activa, que ha producido una tendencia regional ascendente, y por los procesos fluviales, que no sólo han llevado a cabo una importante labor de incisión en las áreas montañosas, sino que con sus aportes sedimentarios han provocado la colmatación

del Valle del Cibao, especialmente representado por la llanura aluvial del río Yuna y su delta así como la zona del Gran Estero.

Los márgenes orientales de la Cordillera Septentrional muestran erosión por el encajamiento de la red fluvial, que se va haciendo sitio entre los materiales que la forman. Al mismo tiempo, las plataformas carbonáticas de los Haitises y la Sierra de Samaná, presentan superficies de intensa corrosión química, provocada por la acción de las aguas, ya que se trata de un área con precipitaciones intensas.

Durante el lapso de tiempo entre el inicio de la incisión y la actualidad pueden reconocerse diversas etapas generalizadas de acreción y erosión, un mínimo de dos principales, tal como demuestran los niveles de terrazas, glaciares y abanicos que pueden reconocerse. Estas características se pierden en el Valle del Yuna estricto, donde la llanura aluvial denota un proceso de acumulación de materiales que podría remontarse a inicios del pleistoceno y desarrollarse ampliamente durante el holoceno.

La evolución del relieve, actualmente, se halla presidida por el balance entre la tectónica activa y el comportamiento de la red de drenaje, con fuertes encajamientos en la zona montañosa, pero muy moderados en la llanura por su pequeño desnivel con respecto al mar. Además de una intensa sedimentación por los aportes del Yuna, que se van acumulando formando un delta, que en su mayoría se encuentra formando zonas pantanosas y marismas por su baja cota respecto al mar. Muchos de los sedimentos finos que llegan pueden llegar a colmatar los lagos formados en estas zonas endorreicas.

En tiempos históricos, había una comunicación por el Gran Estero entre la Bahía de Samaná y la Bahía Escocesa, al norte, por lo que la península realmente era una isla. Este hecho queda atestiguado en diversos mapas antiguos: Bowen (1747), Robert De Vaugondy (1750), Bellin (1758), Jefferys (1760), Bonne (1770), Edwards (1800), Tardieu (1802), Carey y Lea (1822), Beard (1863), donde se representa a la Península de Samaná como una isla. Para otros autores, en tiempos muy recientes, Samaná no era una península, sino una casi-isla o "presque-isle", como aparece en múltiples mapas franceses y españoles, pues hasta aproximadamente mediados del siglo XIX el actual gran estero, que corre entre Sánchez y la costa del Atlántico, al este de Nagua, era totalmente transitable en botes, por lo que Samaná estaba rodeada de agua por todos sus costados. Una de las leyendas yuneras afirma que el pirata Cofresí podía burlar persecuciones pasándose por el canal de una bahía a la otra. Lo cierto es que Cofresí hoy no podría hacerlo. No existe ya el canal. En la actualidad dicho estrecho se ha cerrado completamente por los depósitos del río Yuna.

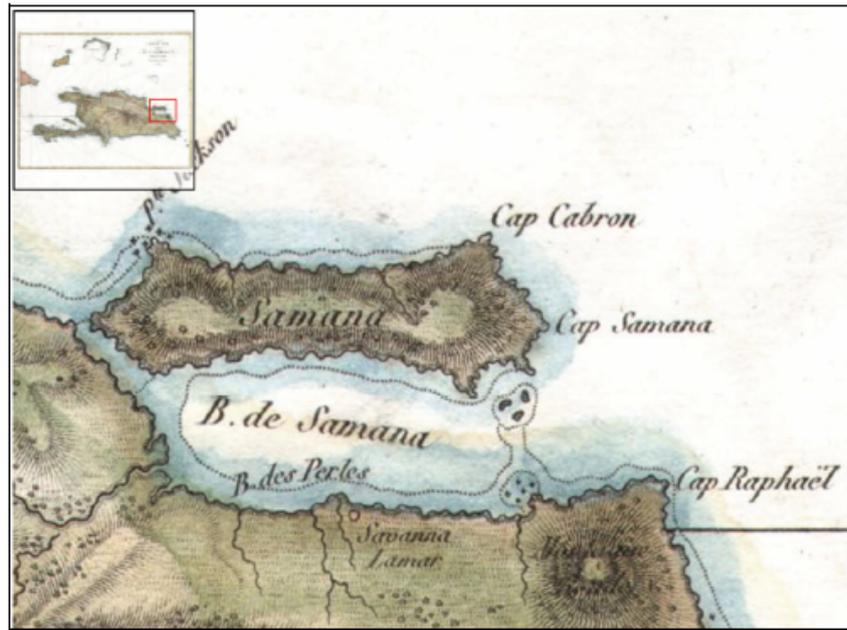


Fig. 5.3. Reproducción del mapa de Tardieu de 1802 donde aparece la actual Península de Samaná cartografiada como isla.

La evolución del karst tropical del mogotes se inicia con una fase de alteración generadora de un premodelado en karst de cúpulas (*kuppenkarst*) que, para el caso de Los Haitises, se sitúa en el Plioceno, generándose diferentes superficies corrosivas. A partir de los altos niveles corrosivos, se suceden nuevas fases que derivan en superficies de alteración con poljés que, una vez exhumados, dejan colinas propias del karst de conos (*kegelkarst*). Un sistema endokárstico con preferente desarrollo vertical pasa a taponarse. Finalmente la fase de mogotes se completa con la formación de abundantes dolinas, sistemas de grandes cavidades y salas, galerías, túneles y salas con espelotemas. Estas últimas fases tiene una cronología Pleistoceno, como se comprueba al correlacionar sus componentes morfológicos con los depósitos correlativos del karst.

El tránsito Pleistoceno Medio-Pleistoceno Superior está datado con 130-95 ka BP (U/Th) sobre terrazas coralinas en el Parque Nacional del Este (Díaz del Olmo et al., 1993), y el Holoceno con una datación sobre una colada de *gours* en Cueva de La Arena (litoral de Los Haitises) con 9,04 +/- 0,65 ka BP (U/Th) y sobre cresta algar arrecifal en Parque Nacional del Este (4,57 +/- 0,150 ka BP (U/Th) (Díaz del Olmo et al., 1993) que marca la última transgresión y que ha dejado su señal en los *encoques* de los mogotes del litoral de Los Haitises.

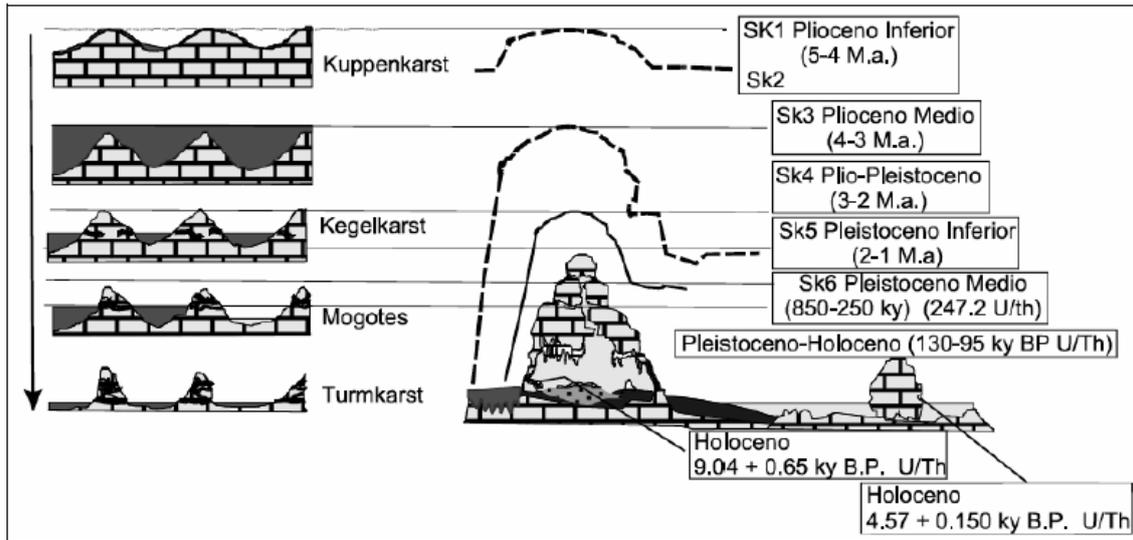


Fig. 5.4. Síntesis evolutiva del karst tropical en colinas. Díaz del Olmo et al. (2003)

6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

Se denomina procesos activos a aquellos fenómenos de origen endógeno o exógeno, potencialmente funcionales sobre la superficie terrestre, 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 y geomorfológicos 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 presente que a la escala de trabajo carecen de representación algunos fenómenos claramente perceptibles sobre el terreno. Sirva de ejemplo la nutrida red de arroyos y cañadas de las áreas montañosas, afectadas por procesos erosivos y, al menos temporalmente, de sedimentación e inundación: los primeros son representables mediante el correspondiente símbolo de incisión lineal, pero la escala no permite una representación areal de los segundos.

Los desastres naturales en la República Dominicana comenzaron a constar históricamente a partir de la llegada de los descubridores españoles y mostraron su poder destructivo cuando, unos años después de ser fundada la villa de Santo Domingo, fue destruida en su totalidad por el famoso huracán de 1502 y, posteriormente, un terremoto en diciembre de 1562 destruyó totalmente las ciudades de Santiago y La Vega.

Dentro de la Hoja de Sánchez existe una gran variedad en cuanto a la naturaleza de los procesos activos, habiéndose detectado actividad sísmica, tectónica activa, por procesos de erosión, inundación, sedimentación, química y antrópica. En 1904, más de veinte sacudidas sísmicas se sintieron en Samaná y Sánchez.

6.1 Actividad sísmica

La Española se sitúa en un contexto geodinámico de límite entre las placas litosféricas Norteamericana y Caribe, cuyo desplazamiento relativo este-oeste origina, en última instancia, la actividad sísmica; siendo este uno de los procesos activos más relevantes que afectan el país. Actualmente existe un consenso en reconocer las principales estructuras tectónicas de la isla y que éstas están relacionadas con el desplazamiento relativo entre las placas litosféricas citadas.

El hecho de que la isla Hispaniola esté localizada en el mismo borde del frente de subducción, define la zona de interacción entre la placa tectónica de Norteamérica y la placa tectónica del Caribe, provoca que toda la isla, pero especialmente la región septentrional, constituida por el valle del Cibao, la cordillera Septentrional y la costa Atlántica, sea considerada como de muy alto riesgo sísmico. (Cámara Petrolera de la Rep. Dominicana, 2005)

Si bien 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 y instrumentales son pocos y no pueden considerarse definitivos.

El registro histórico se inicia con la llegada de los españoles 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.

El registro instrumental también tiene graves inconvenientes. La Red Sísmica de la República Dominicana es extremadamente reciente (1998) y su registro por tanto muy parco. Los registros existentes más antiguos provienen, en su mayor parte, de agencias situadas fuera del territorio dominicano, por lo que solo se han registrado los eventos con magnitudes lo suficiente grandes para ser registradas por redes alejadas, o en el caso de magnitudes pequeñas, los que quedan bien cubiertos por las redes sísmicas de otros países cercanos como es el caso de la red puertorriqueña que cubre la zona oriental de la República Dominicana.

Para la elaboración del presente trabajo se ha accedido a las siguientes fuentes y bases de datos: RSND Red Sísmica Nacional Dominicana, IPGH (Instituto Panamericano de Geografía e Historia), PRSN (Red Sísmica de Puerto Rico), MIDAS (Middle American Seismograph Consortium). El periodo cubierto ha sido 1505-2003. En la Hoja 1:100.000 de Sánchez se han localizado 43 epicentros. Evidentemente, debe considerarse este registro como poco representativo. Esta escasez de sismos no debe interpretarse de ningún modo como una falta de actividad sísmica sino más bien como una carencia en el registro. Cabe señalar asimismo que debido a la pobre calidad del registro las localizaciones epicentrales deben tomarse como meras aproximaciones ya que el error de posición es de orden kilométrico. Existe una concentración de epicentros más densa en el E de la Hoja, en la Bahía de Samaná sobre todo. Esto puede ser debido a un sesgo en los datos pero también podría interpretarse por su proximidad a la fosa de Milwaukee, de 8.648 metros bajo el nivel del mar.

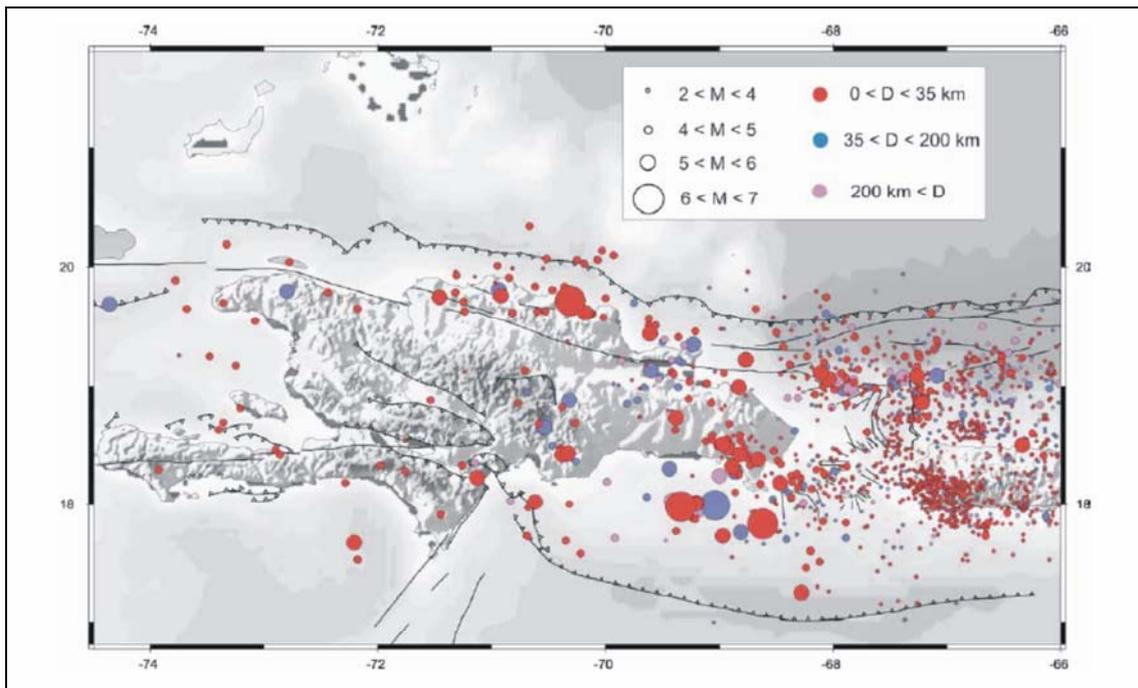


Fig. 6.1. Sismicidad instrumental de La Española (1972-2002). Catálogo NEIC-USGS (En Calais, 2008)

Si se considera el registro histórico la práctica totalidad de la hoja queda incluida entre las isosistas de intensidad VIII y IX del terremoto de 1946 que afectó gran parte de la isla, y en la isosista V del terremoto del 22 de Septiembre de 2003 de magnitud 6.5 en

la escala Richter, que afectó al norte de República Dominicana. Por su parte, el terremoto del 8 de agosto de 1946 tuvo su epicentro en la Bahía Escocesa y una magnitud de 8.1 en la escala Richter y una intensidad máxima de X en la escala Mercalli Modificada. Produjo grandes daños materiales y cambió totalmente la geografía del litoral de la Bahía Escocesa entre Arroyo Saldo y Cabrera.

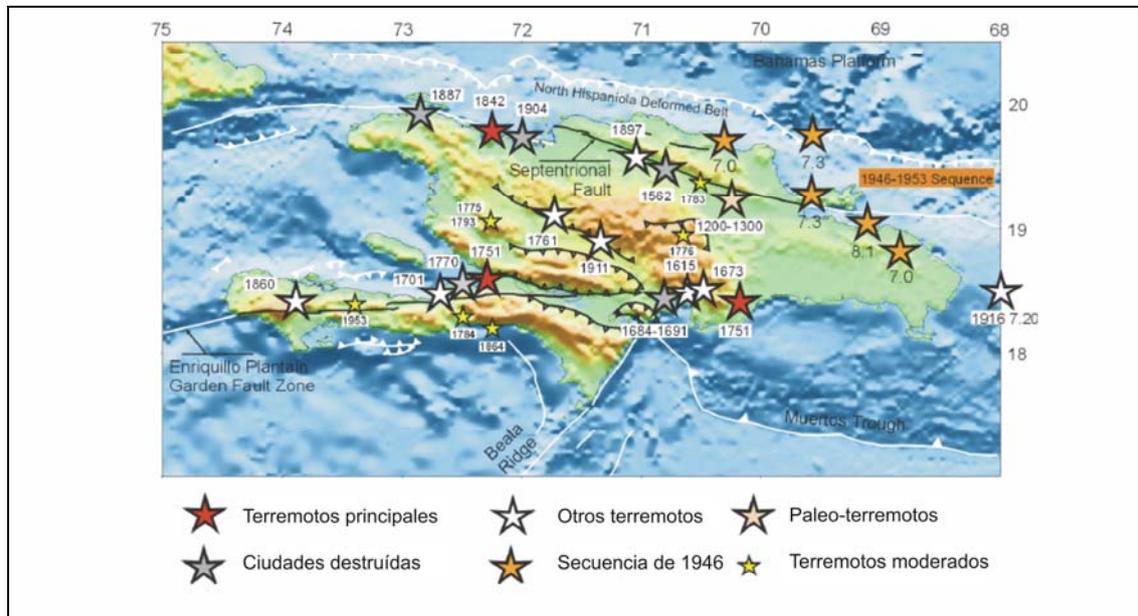


Fig. 6.2. Sismicidad histórica en La Española anterior a 1960 (En Calais, 2008)

6.2 Tectónica activa

La Hoja abarca una región donde la tectónica activa es evidente, con una gran cantidad de formas representadas. En la zona central, donde se encuentran los materiales sedimentarios aportados por el Yuna las expresiones tectónica activas han quedado cubiertas. Existen diversos indicios muy claros de tectónica activa en los escarpes de los materiales que probarían la existencia de fallas activas y capaces en este sector. Se entiende por falla activa aquella que afecta a materiales holocenos o incluso cuaternarios según diversos criterios GONZALEZ DE VALLEJO (1980). Los criterios más conservadores consideran activas aquellas fallas con actividad manifiesta en los últimos 2 millones de años. De forma similar al concepto de falla activa se utiliza el de falla capaz en el sentido de su capacidad de ser activa. Se entiende por falla capaz aquella que presenta deformación de edad cuaternaria o sismicidad asociada e incluso relación estructural con otra falla activa.

La Falla Septentrional es la más representativa en este sentido en el ámbito de la hoja De Sánchez. De hecho representa un segmento de una gran falla transformante que limita por el norte, el surco de Caimán. Pese a que la Falla Septentrional, se identifica con el límite entre la Cordillera y la Cuenca del Cibao, en realidad su traza activa actual no coincide con el frente montañoso (Mann et al., 1998).

6.2.1 Movimientos horizontales

La ausencia de marcadores regionales impide un cálculo riguroso de los desplazamientos laterales, relativos o absolutos, producidos a favor de la falla Septentrional; aún así, algunos autores han realizado algunas estimaciones a partir de correlaciones diversas. Por ejemplo, Eberle et al., (1982) justifican un desplazamiento superior a 100 km a partir de la correlación de depósitos aluviales auríferos; y Erikson et al., (1998), deducen un desplazamiento posterior al Mioceno entre 55 y 125 km mediante la correlación de cuencas productoras de ámbar. A mayor escala, Pindell y Barret (1990) sugieren que la falla Septentrional ha debido acomodar una parte de los más de 400 km de desplazamiento lateral (siniestro) ocurrido entre Cuba y La Española a partir del Mioceno inferior. Más recientemente, los estudios estratigráficos y sedimentológicos realizados en el contexto del actual proyecto sobre las Fms Cevicos/Villa Trina y Los Haitises han permitido precisar la paleogeografía de estas formaciones y a partir de ella se deduce un desplazamiento de unos 200 kms a favor de la falla Septentrional para explicar la distribución de sus facies (Braga, 2010).

La cartografía de la traza cuaternaria de la falla Septentrional se encuentra determinada a lo largo de los 320 kilómetros de exposición subaérea y sus extensiones en alta mar cerca de Haití y Puerto Rico (Mann et al., 1998; Dolan et al., 1998). El desplazamiento medido entre terrazas a ambos lados de la falla en dos localidades permiten obtener datos acerca de la tasa de movimiento horizontal para el Holoceno. Los resultados indican una tasa de 6-12 mm/año. (Prentice et al. 2003). Los resultados obtenidos a partir de datos GPS indican una tasa de $12,8 \pm 2,5$ mm/año (Calais, 2002).

6.2.2 Movimientos verticales

En esta región la tectónica activa 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.

Otros indicios de tectónica activa se observan en la red fluvial, como son las alineaciones morfológicas con control estructural que normalmente están relacionadas con fallas de orientación NE-SO. También se constata el basculamiento regional hacia el N-NE, así como buzamientos en las calizas arrecifales de la Fm La Isabela.

En la actualidad, el borde norte de La Española es una zona de subducción oblicua, 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. La tectónica activa en la Cordillera Oriental es evidente en la elevación de las calizas arrecifales de los Haitises respecto a las de la Llanura Costera del Caribe, que originalmente se extendían de costa a costa en el este de la isla y actualmente presenta un desfase en el relieve superior a 400 metros. El plegamiento del arrecife es pasivo, adaptado a la componente vertical de movimiento de fallas de desgarre ONO-ESE y NE-SO; como consecuencia, el arrecife acusa internamente una intensa fracturación de pautas similares a las descritas anteriormente.

6.2.3 Paleosismicidad.

La Cordillera Septentrional y el valle del Cibao son zonas sísmicamente activas. Los estudios de paleosismicidad y observaciones geomorfológicas realizadas en la Zona de Falla Septentrional por Mann et al. (1998) han demostrado la actividad del segmento central de esta falla durante el Holoceno más reciente.



Fig. 6.3. Mapa que muestra la localización de la traza activa de la Zona de Falla Septentrional en la parte Este del Valle del Cibao y área de estudio de licuefacción (Tramo Villa Riva-Arrenoso) Río Yuna SYSMIN (1998).

En el área oriental, al sureste de la Bahía de Samaná, la extensión submarina de la Zona de la Falla Septentrional se encuentra, aproximadamente, a 1 kilómetro al sur de una prominente falla inactiva localizada al frente de las regiones elevadas de la Península de Samaná.

Esta falla submarina se prolonga hacia el oeste, uniéndose con un lineamiento de 30 kilómetros de longitud, observado en las imágenes de radar SEASAT, en el área aluvional oeste de la Península de Samaná. Se presume que este lineamiento y su extensión submarina representan el rastro activo de la Zona de Falla Septentrional

La paleosismicidad conocida en la zona ha sido deducida de los estudios realizados sobre los fenómenos de licuefacción.

6.2.4 Licuefacción.



Fig. 6.4. Fotografía aérea mostrando los lugares de ocurrencia de licuefacción estudiados por Tuttle et al. (2003).

En el Valle del Cibao Oriental se han descrito diversas generaciones de estructuras de escape de fluidos, y diques clásticos afectando sedimentos cuaternarios lo que indicaría procesos de licuefacción recurrentes. Tuttle et al (2003). Estos autores han documentado fenómenos de licuefacción (diques clásticos y extrusiones de arena *sand blows*) en sedimentos fluviales en 10 emplazamientos a lo largo de una sección de 13 km del trazado del río Yuna. Las ocurrencias no se limitan a un solo nivel si no que pueden afectar a diversos niveles en diversas generaciones pudiendose establecer una cronología. Tuttle et al (2003) relacionan las más recientes con el terremoto de 1946 y otras más antiguas con un evento prehistórico (1060-1492 AC) existiendo entre ambas otros eventos si bien no registrados en todos los emplazamientos. Asimismo consideran que estos fenómenos de licuefacción se generan a partir de magnitudes por encima de 6,5.

6.3 El rol de los ciclones tropicales en los procesos activos.

Los ciclones tropicales pueden producir vientos, olas extremadamente grandes y extremadamente fuertes, tornados, lluvias torrenciales (que ocasionan inundaciones y corrimientos de tierra) y también pueden provocar marejadas ciclónicas en áreas costeras. Se desarrollan sobre extensas superficies de agua cálida y pierden su fuerza

cuando penetran en tierra. Esa es una de las razones por la que las zonas costeras son dañadas de forma significativa por los ciclones tropicales, mientras que las regiones interiores están relativamente a salvo de recibir fuertes vientos. Sin embargo, las fuertes lluvias pueden producir inundaciones y movimientos en masa tierra adentro y las marejadas ciclónicas pueden producir inundaciones extensas a más de 40 km hacia el interior dependiendo de la configuración del relieve.

Los registros de ciclones existentes en la República Dominicana comprenden desde el inicio del siglo XVI hasta la actualidad y aunque el registro puede presentar algunas omisiones, se dispone de trayectorias desde 1851 hasta la fecha. Durante el período 1851-2009 y dentro de la temporada de huracanes del Atlántico Norte, el país ha estado bajo la influencia de 32 tormentas tropicales y 44 huracanes. Esos 76 episodios ciclónicos pueden ser clasificados en cinco diferentes categorías de acuerdo a la intensidad de sus vientos, la presión central y la altura de la marea que les acompaña.

En su máxima categoría un huracán de clase 5 presenta vientos mayores de 249 kilómetros por hora o mayores, marea de tempestad superior a los 6 metros, presión barométrica mínima inferior a los 920 milibares. Sus efectos son devastadores: fallo completo de los techos, residencias y estructuras industriales, pequeñas edificaciones son levantadas por el viento, árboles y arbustos son arrancados de raíz, grandes daños a ventanas y puertas, daños considerables sobre las costas y pisos bajos de las estructuras e inundación del mar tierra adentro por debajo de los 5 metros. Se requiere evacuación masiva de los residentes próximo a las costas. Los huracanes David y Allen de los años 1979 y 1980 fueron huracanes de la categoría 5.

Desde un punto de vista morfogenético es evidente la importancia de los ciclones tropicales en la República Dominicana. La actividad asociada a movimientos de laderas, procesos de erosión, de inundación y sedimentación alcanza su máxima expresión durante estos episodios sin perjuicio que puedan darse este tipo de procesos bajo otras circunstancias pero es especialmente durante los ciclones cuando la actividad geodinámica externa alcanza niveles más elevados.

6.4 Actividad asociada a procesos de erosión

Alcanza su máximo desarrollo en la zona montañosa, pues su acción es de baja intensidad en la llanura aluvial del Yuna, donde predominan los procesos de inundación y sedimentación. Aunque, en los momentos de grandes avenidas, puede

alcanzar un alto poder erosivo y de transporte, convirtiéndose en un agente destructivo. La deforestación aumenta la capacidad de los procesos erosivos, estimándose una pérdida en los suelos de 200 a 1400 TM/Ha/año. (Valbuena, 2007)

La principal manifestación de los procesos de erosión viene dada por la incisión lineal asociada a la actividad de los distintos ríos, arroyos y cañadas; en el caso del curso del río Yuna, va acompañada por frecuentes erosiones laterales del cauce causadas por su geometría meandriforme, no plasmadas cartográficamente por problemas de representación.

6.5 Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación

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

Los procesos de inundación y sedimentación actúan de forma prácticamente permanente sobre los fondos de valle de los ríos y bajo un régimen torrencial en los numerosos arroyos y cañadas de la zona, así como en los mantos de arroyada. En el caso de las llanuras de inundación, las inundaciones se producen de forma más esporádica, pero afectando a áreas de mayor amplitud; más frecuentes son las que se registran en los cauces y meandros que albergan aquéllas, si bien se trata de áreas pequeñas.

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 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 incisión que se ha desarrollado sobre ella. Un ejemplo catastrófico de la actividad de los abanicos

aluviales de baja pendiente fue ofrecido por el paso del huracán Georges en 1.998, que sepultó todo su ámbito de influencia bajo una manto de lodo y agua.

El Río Yuna merece una especial atención, ya que es uno de los ríos más importantes y el segundo más caudaloso de la República Dominicana. Su cuenca hidrográfica es la más húmeda del país. Ocupa una extensión de 5,498 km² y riega una gran porción de las provincias de La Vega, Sánchez Ramírez, Duarte y Samaná, constituyendo parte del límite provincial de las tres últimas. A lo largo de sus 150 km de recorrido recibe muchos afluentes, entre los que destaca el Camú.

Sufre crecidas cíclicas y arrastra abundantes sólidos en suspensión que obstruyen los canales de riego y reducen la capacidad del río para evacuar avenidas, aumentando la extensión de las inundaciones y perjudicando los cultivos a las inmediaciones, además de modificar su lecho, y con ello el delta, en cada crecida. Su caudal máximo medio anual es de 91 m³/seg en Villa Riva. Tiene una “onda triple”, destacando los máximos de Mayo y Noviembre, con 162 y 114 m³/seg mensuales respectivamente, y los mínimos de Enero y Julio, con 57 y 52 m³/seg (De la Fuente, 1976). Los materiales transportados van siendo depositados en el delta del río, concretamente en la Boca de la Mata y en la Boca de Barracote.

En la cuenca hidrográfica del río Yuna se han desarrollados varios proyectos hidráulicos (presas y embalses) que permiten la laminación de avenidas hasta cierto periodo de retorno (de 1 en 300 o 500 años), los embalses de Rincón y Hatillo.

Históricamente, el río Yuna sufre importantes inundaciones, principalmente en su parte baja, afectando zonas de gran potencial agrícola y comunidades, así como también sus líneas vitales. Estas inundaciones enriquecen las tierras bajas, convirtiéndolas así en una de las principales regiones agrícolas del país.

Para tener un conocimiento preciso y veraz de las inundaciones que se producen en la cuenca del río Yuna (República Dominicana) se ha elaborado recientemente un catálogo con todas las acontecidas entre los años 1977 y 2007 en el marco del proyecto YUNARISK (2008). Aunque conscientes de la importancia histórica de las mismas, el proyecto centra el período de análisis en los últimos 30 años, al existir una mejor y más detallada información. Sólo se han analizado las inundaciones producidas por factores climáticos. Aquellas otras ocasionadas por factores geomorfológicos (obstrucción de cauces por procesos de vertiente, características

litológicas de la cuenca), factores hidrológicos (rotura de márgenes por dinámica fluvial, morfología del sector inundable), o humanos (incorrecto manejo o rotura de presas, deforestación, obstrucción de cauces por vertederos u obras de infraestructura, falta de limpieza...), no se han computado ante una □generalizada falta de información a este respecto. Dicho catálogo se ha realizado a partir del análisis de todas las publicaciones ya existentes que han recopilado información referente a inundaciones y otros desastres naturales en la República Dominicana, si bien sólo se han computado aquellos casos de inundación en los que se ha visto afectada la cuenca del río Yuna, bien de forma exclusiva o bien de forma conjunta con otros territorios de la isla. Situaciones meteorológicas extremas que han podido ocasionar graves daños en otras regiones del país, no se han incluido en el catálogo.

El catálogo considera un total de 176 episodios para la totalidad de la cuenca del Yuna lo que da una media aproximada (5,86) de 6 eventos de inundación al año.

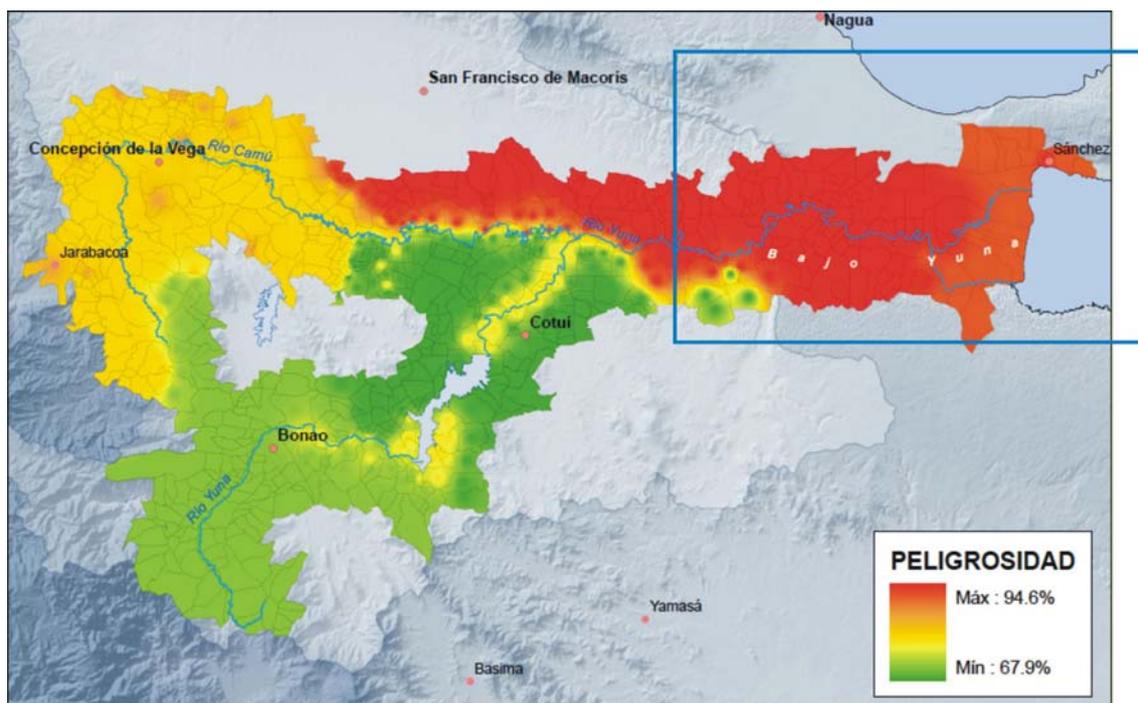


Fig. 6.5. Peligrosidad o Amenaza de inundación en la cuenca del Yuna en los Parajes a menos de 5000 m de los cauces Yuna y Camú. Valores expresados en porcentaje respecto al criterio de factores de peligrosidad considerados (0%-100%). Nótese la elevada Peligrosidad existente en el Bajo Yuna en el ámbito del Cuadrante de Sánchez. (Fuente: YUNARISK, 2008)

6.5.1 Tsunamis

Los tsunamis son olas de grandes dimensiones u olas sísmicas marinas, causadas por un movimiendo 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 causativas. Una vez que son generados son prácticamente imperceptibles en el mar abierto, donde la altura de su superficie es menos de un metro. Viajan a velocidades muy grandes, hasta 900km/hr, y la distancia entre cresta de ola y otra puede ser hasta de 500km. A medida que las olas se acercan a aguas de poca profundidad, la velocidad del tsunami disminuye y la energía se transforma en altura de ola que a veces alcanza alturas de hasta 25m; pero el intervalo de tiempo entre olas sucesivas permanece sin cambio y es generalmente de entre 20 y 40 minutos. Cuando los tsunamis se aproximan a la línea de costa, el mar suele retraerse a niveles mucho más bajos que la marea baja y luego crece como una ola gigante.

Los efectos de los tsunamis pueden ser grandemente amplificados por la configuración de la línea de costa local y el fondo marino. Dado que no existe una metodología precisa para definir estos efectos, es importante examinar el 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 bastante mayor que la cresta de la ola en la línea de costa.

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

6.6 Actividad asociada a litologías especiales

Se desarrolla en relación con los procesos kársticos que afectan a las calizas duras del Oligoceno y Mioceno de los Haitises, en el S de la Hoja y la Sierra de Samaná en el NE. Su principal reflejo son las dolinas, que se encuentran agrupadas en auténticos campos de dolinas. La intensidad de los procesos de disolución en algunas de estas áreas invita a tener en cuenta los posibles procesos de colapso derivados.

La karstogénesis activa de Los Haitises está controlada por el desarrollo hidrokárstico del bloque basculado hacia el mar. Una relación estrecha se establece entre los uvala-

cenote y los conductos subhorizontales hacia las surgencias litorales. Esta actividad ha desarrollado la morfología de los mogotes disimétricos y abierto los principales corredores de *bogaz* y dolinas, Díaz del Olmo et al. (2003).

6.7 Actividad asociada a movimientos de laderas

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 cartografiables, existen otros que por la escala del mapa no se han podido representar.

Desde hace décadas, los suelos arcillosos, de naturaleza calcárea, expuestos en la ciudad de Sánchez, provincia de Samaná, se han visto afectados por la alta pluviometría de la zona, pluviometría que en algunos casos supera los 2000 milímetros por año, saturando por completo estos suelos, incrementando su peso, la presión de poro, reduciendo su resistencia al esfuerzo cortante y generando deslizamientos que afectan viviendas y servicios básicos: calles, aceras, conducciones de agua potable y alcantarillas para el drenaje pluvial.

Ejemplo de ello son los deslizamientos de los suelos arcillosos de Sánchez del mes septiembre del año 2004, con el paso de la tormenta Jeanne, que provocó fuertes precipitaciones pluviales que saturaron los suelos y provocaron deslizamientos y colapso parcial de múltiples viviendas en diferentes sectores de Sánchez, principalmente en La Navaja, La Torre, Altamira y Los Johnson.

En el año 2005 se siguieron produciendo movimientos tras episodios de lluvias acelerando deslizamientos rotacionales activos, motivando el colapso de dos viviendas que estaban localizadas en la Av. Independencia, frente al cementerio municipal, así como la total deformación de varias viviendas localizadas en el sector Altamira.

La carretera principal de la población, la Independencia, también se halla afectada.

6.8 Actividad antrópica.

Pese a la evidente actividad antrópica de la zona, se consideran en este apartado procesos relacionados con modificaciones sustanciales, puestos de manifiesto especialmente por la existencia de acumulación de material de relleno y sedimentos en el litoral, Tobey (2004). Ello ha afectado drásticamente a la batimetría de la bahía de Samaná. Actualmente puede atravesarse el estuario caminando. Desde la orilla hasta aproximadamente 1 km aguas adentro, el agua apenas llega a 0,5 metros de calado, incrementando progresivamente después. En la actualidad la desembocadura del Yuna y Barracote se encuentran sedimentadas, de manera que aún para acceder por bote a la comunidad de Laguna Cristal, los operadores turísticos deben asegurarse una marea alta para tener un pequeño margen de flotabilidad LAMELAS (2005).

Hace tan solo treinta o cuarenta años atrás, en la costa de Sánchez el mar era lo suficientemente profundo como para que los barcos mercantes pudiesen atracar en su puerto.

6.8.1 La problemática del “rockash”.

La palabra compuesta inglesa “rockash” define la amalgama de las cenizas volantes “Flyash” resultantes de la combustión de carbón de piedra molido para calderas, empleadas en termoeléctricas. El peligro ambiental del rockash viene dado por las concentraciones de componentes químicos susceptibles de producir efectos adversos en humanos. La gama de elementos presentes en el rockash son los siguientes: Boro, vanadio, cobre, litio, níquel, bismuto, cromo, cinc, aluminio, lantano, cobalto, molibdeno, galio, germano, berilio, estaño, mercurio y otros, en diversas concentraciones.

La Península de Samaná es una de las regiones geográficas del país que registra los promedios de precipitación pluvial más elevados (2500 mm/año), lo que ha permitido que una y otra vez las lluvias hayan lavado las toneladas de rockash apiladas a la intemperie en la cercanía de la Bahía o usadas como rellenos y por efecto de las escorrentías, sus componentes químicos tóxicos lleguen a las aguas marinas y penetren a las aguas subterráneas por filtración, con sus graves consecuencias, LAMELAS (2005).

7. REFERENCIAS CITADAS

- BEARD, J. R., (1863).** Outline Map of Colonial Haiti or St. Domingo. En: Toussaint L'Ouverture: A Biography and Autobiography.
- BELLIN, J. N., (1758).** Carte De L'Isle De Saint Domingue. Paris, 1758.
- BONNE, R., (1770).** Carte de L'Isle de St. Domingue une des Grandes Antilles, Colonies Française et Espagnole. Paris 1770.
- BOWEN, E., (1747).** A new & accurate map of the island of Cuba. Drawn from the most approved maps & charts; A new & accurate map of the islands of Hispaniola or St. Domingo, and Porto Rico. Drawn from the most approved maps & charts By Eman. Bowen. (London: Printed for William Innys, Richard Ware, Aaron Ward, J. and P. Knapton, John Clarke, T. Longman and T. Shewell, Thomas Osborne, Henry Whitridge M.DCC.XLVII)
- 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., (2002).** Strain partitioning and fault slip rates in the northeastern Caribbean from GPS measurements, Geophys. Res. Lett., 29, 1856–1859.
- CALAIS, E. (2008).** Risque Sismique en Haïti: Fondements Scientifiques et Nature du Risque. Conferencia de Puerto Príncipe.
- CÁMARA MINERA PETROLERA DE LA REP. DOMINICANA (2005):** Desastres naturales y emergencias. Conferencia presentada en el Seminario Internacional.
- CAREY, H. C., LEA, I. (1822):** Geographical, Historical, And Statistical Map Of Hispaniola, Or St. Domingo. Hispaniola Or Saint. Domingo. No. 42. Drawn by F. Lucas Jr. Engraved by Young & Delleke.
- 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 p.
- 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.

- DIAZ DEL OLMO, F.; CAMARA, R.; ALVAREZ, G.; MOLINA, J. (1995)** Un karst Intertropical en la República Dominicana. Subterránea. Num. 3. pág. 24-31.
- DIAZ DEL OLMO, F.; CAMARA, R. (2003)** Karst tropical de colinas en República Dominicana. Tipología y evolución en el Plio-Cuaternario. Actas de la XI Reunión nacional de Cuaternario. Oviedo. 2003.
- DIAZ DEL OLMO, F.; CAMARA, R. (1993)** Niveaux Marins, Chronologie Isotopique U/Th Et Karstification en Republique Dominicaine. Karstologia. Vol. 2. Núm. 22. 1993. Pag. 52-54.
- 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; Active strikeslip and collisional tectonics of the northern Caribbean Plate boundary zone. Special Paper - Geological Society of America, 326, p. 1-61.
- DRAPER, P., LEWIS J.F., (1991)** Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 262.
- EBERLE W., HIRDES W., MUFF R., PELAEZ M. (1982)** : The geology of the Cordillera Septentrional (Dominican Republic). 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. Memorias, vol 2, p. 619-629.
- EDGAR, (1991).** Structure and geologic development of the Cibao Valley, northern Española. Special Paper Geological Society of America, 262, p. 281-299.
- EDWARDS, B. (1800):** A Map of the Island of St. Domingo. Published by John Stockdale.
- ERIKSON, J. P., PINDELL, J. L., KARNER, G. D., SONDER, L. J., FULLER, E. Y. & DENT, L., (1998).** Neogene Sedimentation and Tectonics in the Cibao Basin and Northern Española: An Example of Basin Evolution near a Strike-Slip-Dominated Plate Boundary. Journal of Geology, 106, p. 473-494.
- GONZALEZ DE VALLEJO, (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 Geologica del Peru, 65, p. 99-103.
- JEFFERYS, T., (1760).** The island of Hispaniola called by the French St. Domingo. Subject to France & Spain, from the best authorities by Thomas Jefferys, Geographer to His Royal Highness the Prince of Wales. T. Jefferys sculp. (1760)

- LAMELAS, P (2005):** Perfil socio económico de las comuniddes de Sánchez, Sabana de la Mar y Agua Santa del Yuna. Santo Domingo, República Dominicana: CEBSE, Inc. Proyecto Flujo de Agua Dulce hacia los Estuarios: Cuenca del Yuna – Bahía de Samaná.
- 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.
- PINDELL J.L., & DRAPER G. (1991) :** Stratigraphy and geological history of the Puerto Plata area, northern Dominican Republic. In Mann P., Draper G. and Lewis J.F., eds., Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 262, p. 97-114.
- PINDELL, J.L. & BARRET, S.F., (1990).** Geology of the Caribbean region: a plate tectonic perspective. En: Dengo G. and Case J. E. eds. The Geology of North America, Volumen H, The Caribbean region, Geological Society of America, Boulder, Colorado. p. 404-432.
- ROBERT DE VAUGONDY, D., ROBERT DE VAUGONDY, G. (1750).** Isles de Saint Domingue ou Hispaniola, et de la Martinique. Par le Sr. Robert Geographe ord. du Roy, Avec Privilege. 1750.
- SODOGEO (2005):** Deslizamientos en Sánchez.
<http://www.sodogeo.org/detalle_articulos.asp?codid=1> consulta mayo 2010.
- TARDIEU, A., (1802).** Carte Générale de L'Ile de St. Domingue. Paris 1770.
- TOBEY, J., (2004).** Impacts of Altered Freshwater Flows to Estuaries: Yuna Watershed and Samana Bay Estuary. Draft Profile
- TUTTLE, M. P.; PRENTICE, C. S. DYER-WILLIAMS, K. ; PEÑA, L. R. ; BURR, G, (2003)** Late Holocene Liquefaction Features in the Dominican Republic A Powerful Tool for Earthquake Hazard Assessment in the Northeastern Caribbean. Bull. Seismological. Soc. Of America, Vol. 93, 1, pp. 27-46.
- VALLBUENA, R., (2007).** Erosión y sedimentación en la cuenca del Yuna. Programa de Prevención y Preparación ante desastres.
- WINSLOW M.A., GUGLIELMO G. Jr., NADAI A.C., VEGA L.A., McCAAN W.R. (1991) :** Tectonic evolution of the San Francisco Ridge of the eastern Cibao Basin,

northeastern Hispaniola. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann P., Draper G. y Lewis J.F., eds.), Geological Society of America Special Paper, 262, p. 301-313.

YUNARISK (2008) Mapa de riesgo por inundación de la Cuenca del río Yuna. República Dominicana. Natural Risk Research Group. Univ. De Valladolid. PNUD. Programa de Prevención y Preparación ante Desastres.