



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

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

ESCALA 1:100.000

LAS LISAS

(6472)

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

La presente Hoja y Memoria forma parte del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, financiado en consideración de donación por la Unión Europea a través de los Programas SYSMIN y SYSMIN II de soporte al sector geológico-minero, habiéndose elaborado durante la ejecución de los Proyectos L (2002-2004) y 1B (2007-2010). Ha sido realizada por Informes y Proyectos S.A. (INYPSA) formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA, en dos etapas: la mitad occidental se realizó durante el Proyecto L, en tanto que la oriental fue elaborada durante el Proyecto 1B. Su ejecución se llevó a cabo con normas, dirección y supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN), habiendo participado los siguientes técnicos y especialistas:

CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (INYPSA)
- Ing. José Francisco Mediato Arribas (INYPSA)

CARTOGRAFÍA DE PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

- Ing. Alberto Díaz de Neira (INYPSA)
- Ing. José Francisco Mediato Arribas (INYPSA)

REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (INYPSA)
- Ing. José Francisco Mediato Arribas (INYPSA)

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

- Dr. Ángel Martín-Serrano (IGME)

SEDIMENTOLOGÍA Y LEVANTAMIENTOS DE COLUMNAS

- Dr. Juan Carlos Braga (Universidad de Granada, España)

TELEDETECCIÓN

- Dra. Carmen Antón Pacheco (IGME)
- Ing. Juan Carlos Gumiel (IGME)

DIRECTOR DEL PROYECTO

- Ing. Eusebio Lopera (IGME)

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE LA UNIÓN EUROPEA

- Ing. Francisco Javier Montes. Director de la Unidad Técnica de Gestión (AURENSA) del Programa SYSMIN

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

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

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

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DEL Servicio Geológico Nacional (SGN)

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

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

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Metodología	1
1.2. Situación geográfica	5
1.3. Marco geológico	6
1.4. Antecedentes	9
2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA	11
3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	15
3.1. Estudio morfoestructural	15
3.1.1. Formas estructurales	16
3.2. Estudio del modelado	17
3.2.1. Formas gravitacionales	17
3.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial	18
3.2.3. Formas eólicas	20
3.2.4. Formas lacustres y endorreicas	20
3.2.5. Formas marinas-litorales	20
3.2.6. Formas originadas por meteorización química	22
3.2.7. Formas poligénicas	22
3.2.8. Formas antrópicas	23
4. FORMACIONES SUPERFICIALES	24
4.1. Formaciones gravitacionales	24
4.1.1. Arenas, arcillas y cantos. Coluvión (a). Holoceno.....	24
4.1.2. Bloques, cantos y arcillas. Deslizamiento (b). Holoceno	24
4.2. Formaciones fluviales	25
4.2.1. Lutitas, arenas y gravas. Abanicos aluviales (c). Pleistoceno	25
4.2.2. Lutitas, arenas y gravas. Conos de deyección y abanicos aluviales (d, h). Pleistoceno-Holoceno.....	25
4.2.3. Limos, arenas y gravas. Terraza (e, f). Pleistoceno-Holoceno	25
4.2.4. Lutitas, arenas y gravas. Abanicos aluviales de baja pendiente (g). Pleistoceno-Holoceno	26
4.2.5. Lutitas, arenas y gravas. Mantos de arroyada y aluvial-coluvial (i). Holoceno	26
4.2.6. Gravas, arenas y lutitas. Fondo de valle (j). Holoceno	26
4.3. Formaciones eólicas	27
4.3.1. Arenas. Manto eólico y cordón litoral degradado (k). Holoceno	27
4.4. Formaciones lacustres-endorreicas	27
4.4.1. Limos negros. Área pantanosa (l). Holoceno.....	27
4.5. Formaciones marinas-litorales	27
4.5.1. Calizas arrecifales. Construcciones biogénicas (m, n). Pleistoceno Medio-Superior	27
4.5.2. Calcarenitas y arenas. Complejo litoral de playas y dunas (ñ, p). Dunas del Complejo litoral (o, q). Pleistoceno Medio-Superior.....	30
4.5.3. Arenas y calcarenitas de grano fino. Duna fósil (r) Pleistoceno Superior-Holoceno	31
4.5.4. Arenas. Cordón litoral (s). Holoceno	31
4.5.5. Limos negros. Laguna costera (t). Holoceno	32
4.5.6. Lutitas y arenas con vegetación abundante. Marisma baja, manglar (u). Holoceno	32
4.6. Formaciones originadas por meteorización química	32
4.6.1. Arcillas rojas. Argilizaciones (v). Plioceno-Holoceno	32
4.6.2. Arcillas rojas. Arcillas de descalcificación (x). Pleistoceno-Holoceno ...	33
4.7. Formaciones antrópicas	33

4.7.1. Desperdicios de diversa naturaleza. Escombrera, vertedero (y). Holoceno	33
5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA.....	34
6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO.....	38
6.1. Actividad sísmica.....	38
6.1.1. Tsunamis.....	40
6.2. Tectónica activa	41
6.3. Actividad asociada a movimientos de laderas	43
6.4. Actividad asociada a procesos de erosión	43
6.5. Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación	43
6.6. Actividad asociada a litologías especiales	44
6.7. Actividad antrópica.....	45
7. BIBLIOGRAFÍA.....	46

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Metodología

Debido al carácter incompleto y no sistemático del mapeo de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través de la Dirección General de Minería (DGM), se decidió a abordar a partir de finales del siglo pasado, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea en concepto de donación. En este contexto, el consorcio integrado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) e Informes y Proyectos S.A. (INYPESA), ha sido el responsable de la ejecución de los denominados Proyectos L (2002-2004) y 1B (2010), bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG) y la supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN).

Los proyectos L y 1B comprenden varias zonas que junto con las abordadas con motivo de los proyectos C (1997-2000) y K (2002-2004), completan la mayor parte del territorio dominicano.

El Proyecto L incluye, entre otros trabajos, la elaboración de 6 Hojas Geomorfológicas y otras tantas de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico, a escala 1:100.000, correspondientes a los siguientes cuadrantes a dicha escala (Fig. 1.1):

Zona Este:

- Monte Plata (6272)
- El Seibo (6372)
- Las Lisas (6472)

Zona Oeste:

- Jimaní (5871)
- Barahona (5970)
- Neiba (5971)

Por su parte, 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)

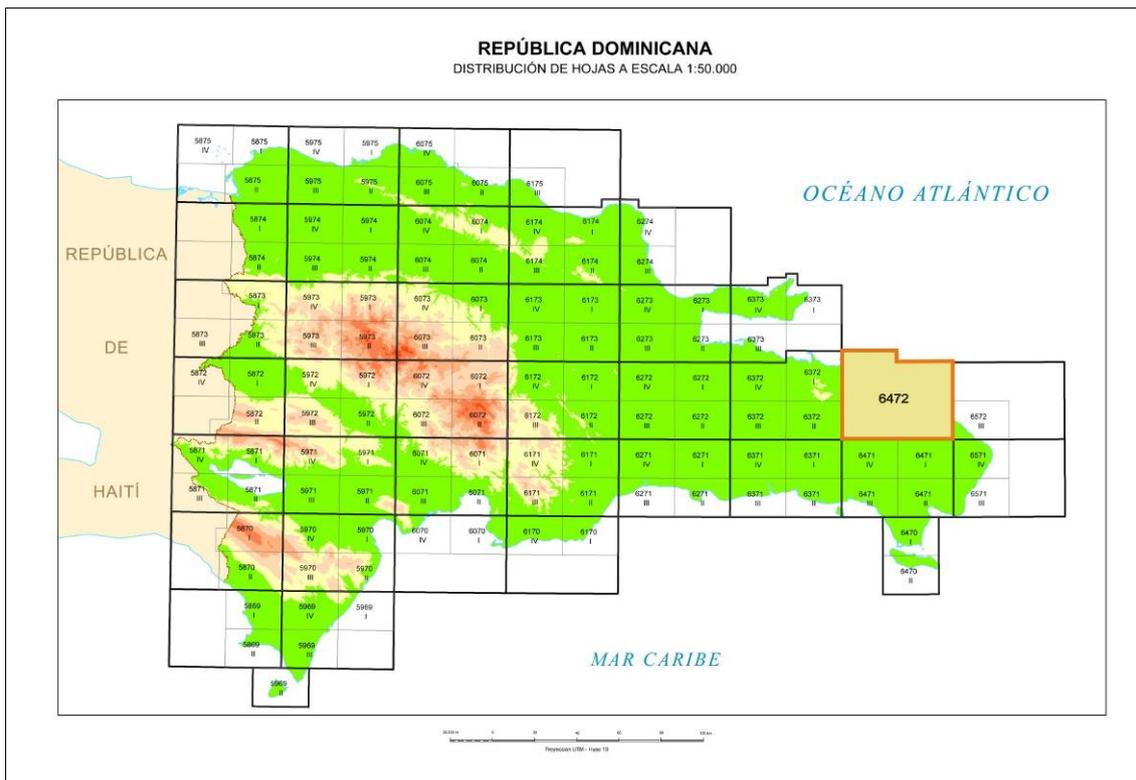


Fig.1.1. Distribución de Hojas a escala 1:100.000 de la República Dominicana y situación de la Hoja de Las Lisas (6472)

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.

Durante la realización de la Hoja Geomorfológica a escala 1:100.000 de Las Lisas se ha utilizado la cartografía geológica a escala 1:50.000 elaborada durante los Proyectos L y 1B, además de la información disponible de diversa procedencia y las fotografías aéreas a escala 1:40.000 del Proyecto MARENA, tomadas en los años 1983-84, y las imágenes de satélite Spot P, Landsat TM y SAR. La cartografía previa ha sido complementada con numerosos recorridos de campo, siendo uno de los principales objetivos de los mismos la toma de datos que pudieran ser de utilidad para la realización de la Hoja a escala 1:100.000 de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico, derivada en buena medida de la cartografía geomorfológica.

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

La presente Memoria tiene carácter explicativo de los Mapas Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico del cuadrante de Las Lisas (6472). 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 fisiográfica, en la que se señalan los rasgos físicos más destacables, como los accidentes geográficos (sierras, ríos, llanuras...), los parámetros climáticos generales y los principales rasgos socioeconómicos.
- Análisis morfológico, en el que se trata el relieve desde un punto de vista puramente estático, entendiéndose como tal la relación y explicación de las distintas formas de aquél, agrupadas en función del agente responsable de su origen (estructural, gravitacional, fluvial...), incidiendo en su geometría, tamaño y génesis.
- Estudio de las formaciones superficiales, es decir, de las formas acompañadas de depósito, haciendo hincapié en su litología, espesor y cronología, agrupadas igualmente en función de su agente responsable.
- Evolución e historia geomorfológica, contemplando el desarrollo del relieve en función del tiempo, tratando de explicar su génesis y evolución.
- Procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico, resultado de la potencial funcionalidad de diversos fenómenos geodinámicos, la mayoría testimoniados por diversas formas de la superficie terrestre.

Por otra parte, las memorias de las Hojas Geológicas a escala 1:50.000 que constituyen el cuadrante a escala 1:100.000 de Las Lisas (La Vacama, 6472-I; El Salado, 6472-II; Rincón Chavón, 6472-III; y Las Lisas, 6472-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, Evolución e historia geomorfológica y Procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico).

1.2. Situación geográfica

La Hoja a escala 1:100.000 de Las Lisas (6472) se encuentra situada en el sector oriental de la República Dominicana (Fig. 1.2), estando bañada en su sector septentrional por el océano Atlántico. Su territorio se distribuye principalmente entre las provincias de El Seibo, que ocupa el sector occidental, y la Altagracia, en el oriental. Forma parte de tres de los principales dominios morfoestructurales de La Española (De la Fuente, 1976):

- Cordillera Oriental. Constituye la prolongación de la sierra de Yamasá hacia el este, considerándose desde un punto de vista geológico que ambas unidades fisiográficas constituyen, junto con la región de Los Haitises, un único dominio denominado Cordillera Oriental. Orográficamente, la Cordillera Oriental se dispone con una dirección E-O entre las inmediaciones de Higüey y la región de Los Haitises, separando el ámbito de la bahía de Samaná, al norte, de la Llanura Costera del Caribe, al sur; posee una elevación moderada, alcanzando 879 m en la loma El Paquito. Ocupa la mayor parte de la Hoja, exceptuando la franja costera nororiental.
- Llanura Costera de Miches y Sabana de la Mar. Es una estrecha e irregular franja del litoral de la bahía de Samaná, localizada al norte de la cordillera Oriental. Constituye la franja costera de la mitad occidental de la Hoja.
- Llanura Costera del Caribe. Es la más destacada de las llanuras costeras de la República Dominicana, tanto por sus dimensiones como por albergar varios de sus principales núcleos de población, como Santo Domingo, La Romana y San Pedro de Macorís. Se extiende con dirección E-O al sur y al este de la Cordillera Oriental, manifestándose como una extraordinaria planicie tan sólo trastocada por moderados escalonamientos y esporádicos, pero importantes, cursos fluviales (Fig. 1.3). A pesar de ello, se trata de una región con drenajes deficientes, especialmente en su franja costera, donde predominan las pérdidas de drenaje superficial. Ocupa el sector oriental de la Hoja.

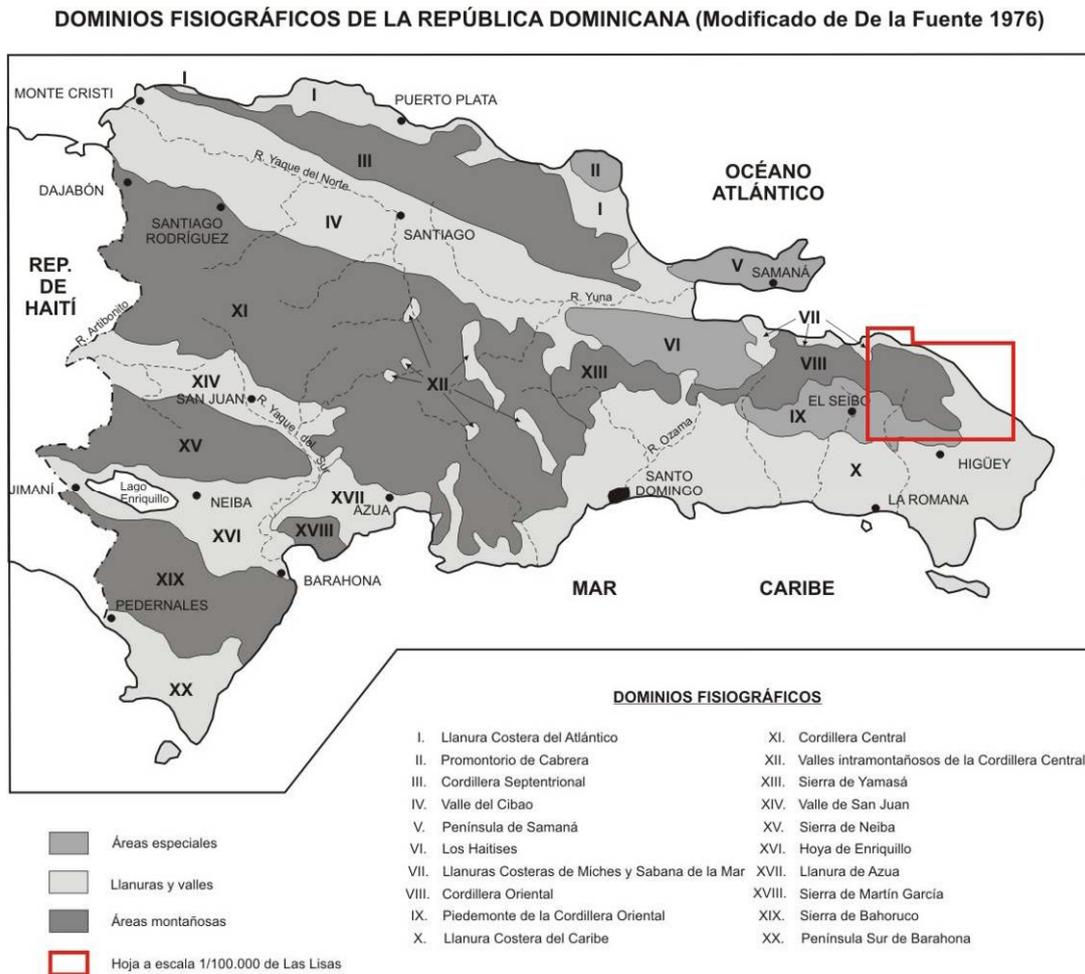


Fig.1.2. Dominios fisiográficos de la República Dominicana y situación de la Hoja a escala 1:100.000 de Las Lisas

1.3. Marco geológico

La Hoja de Las Lisas refleja fielmente las características geológicas de los tres dominios que incluye, coincidentes con los dominios fisiográficos citados. Su estructura se basa en la presencia de los relieves cretácico-paleógenos de la Cordillera Oriental, que desaparecen bruscamente al norte y al este en el litoral atlántico, caracterizado por los depósitos plio-cuaternarios de las llanuras costeras de Miches y del Caribe (Fig. 1.4).

La Cordillera Oriental está integrada principalmente por rocas cretácicas generadas en un ambiente de arco insular. Dentro de la Hoja incluye una representación completa de materiales del Cretácico Superior pertenecientes a las Fms. Las Guayabas, Arroyo La Yabana, Río Chavón y Loma de Anglada, que conforman la mayor parte de los afloramientos. Discordantes sobre el conjunto anterior aparecen diseminados por el sector meridional diversos afloramientos de materiales paleógenos. La estructura

interna se basa en pliegues apretados y en una densa red de fracturación, de orientación predominante NO-SE, generados a comienzos del Terciario; no obstante, el conjunto se halla limitado por el sistema de desgarres E-O generados durante el Mioceno, cuya máxima expresión es la falla Meridional de Samaná.

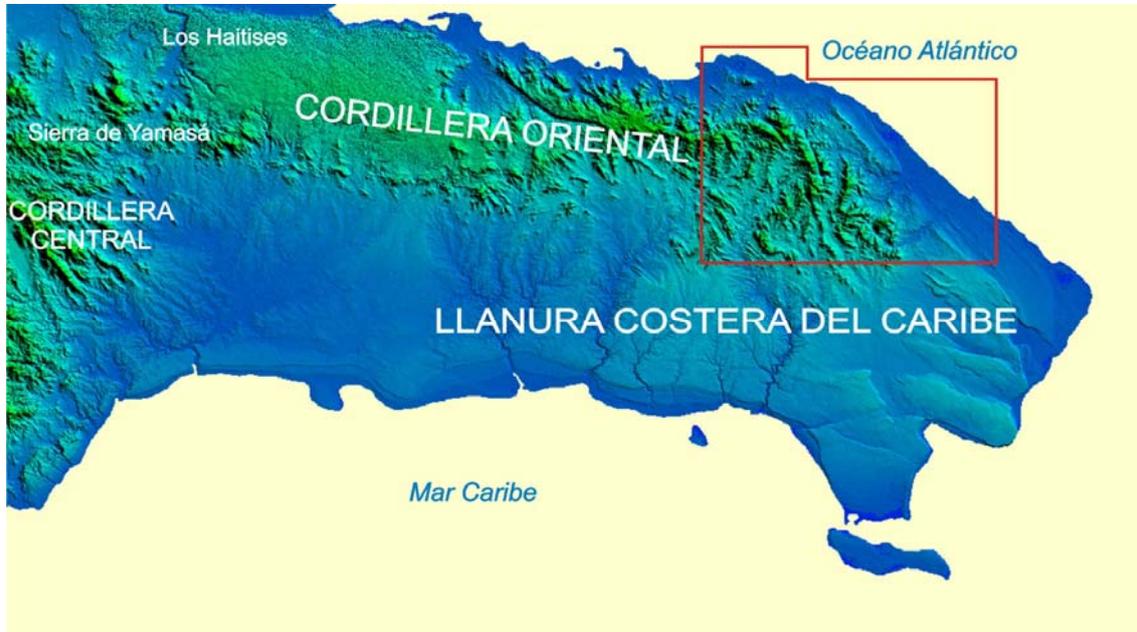
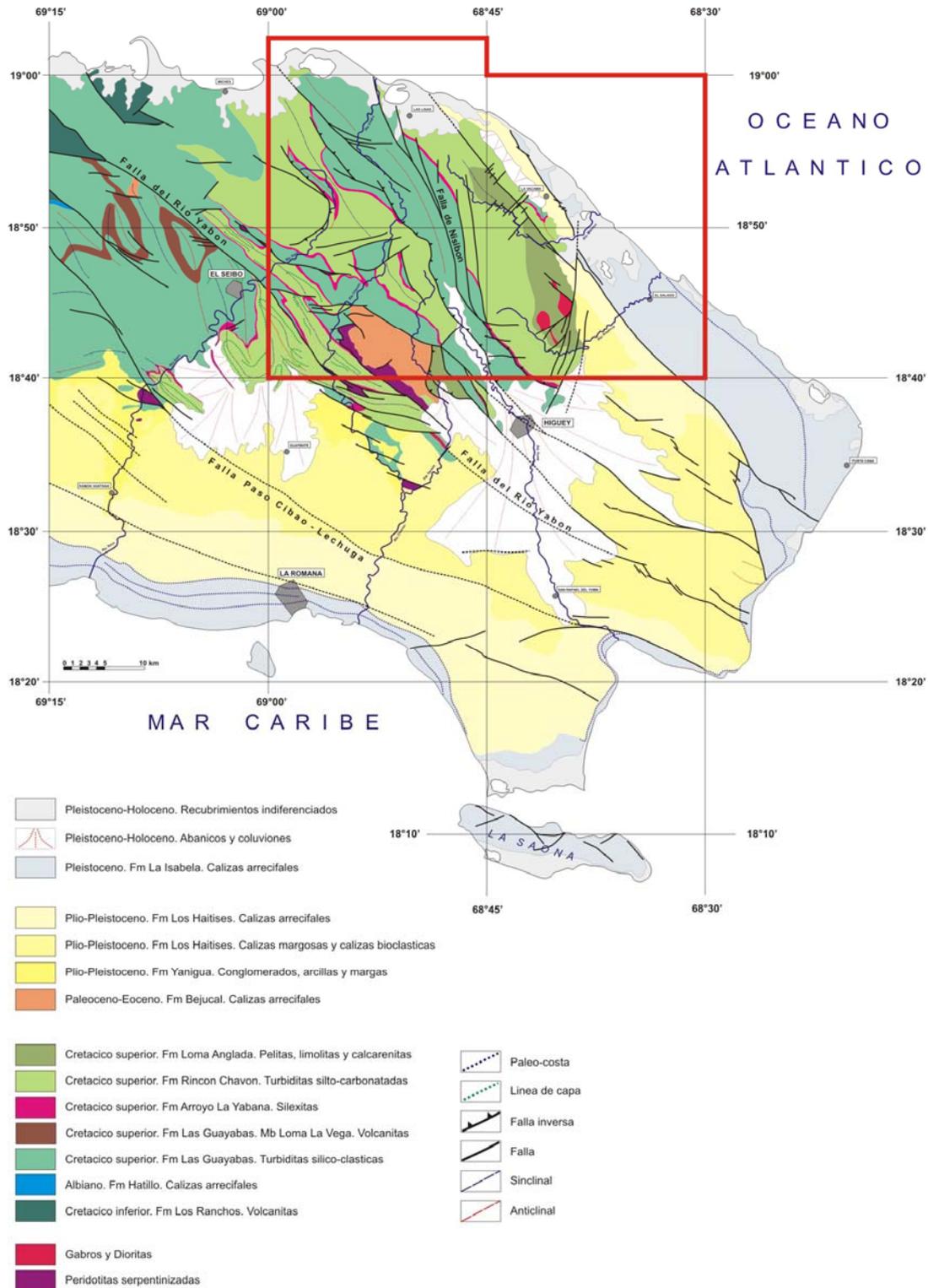


Fig.1.3. Modelo digital del terreno de la Cordillera Oriental y la Llanura Costera del Caribe

La estructura geológica de las llanuras costeras de Miches y del Caribe es fiel reflejo de dos factores principales: el dispositivo paleogeográfico de la región durante el Plioceno y la tendencia ascendente de La Española a lo largo del Cuaternario. A finales del Terciario, la Cordillera Oriental se habría estructurado conforme al patrón reconocido hoy en día, si bien aún no habría adquirido su envergadura actual, constituyendo a comienzos del Plioceno un pequeño archipiélago (Díaz de Neira *et al.*, 2007). Al sur, la Llanura Costera del Caribe constituía una plataforma carbonatada en la que un sistema de construcciones arrecifales (Fm Los Haitises) protegía un *lagoon* (Fm Yanigua) que eventualmente recibía descargas terrígenas procedentes de la incipiente cordillera. La emersión de la plataforma a comienzos del Cuaternario provocó el retroceso y el consiguiente escalonamiento de las construcciones arrecifales (Fm La Isabela), fosilizadas por complejos costeros de playas y dunas en el sector oriental de la Llanura Costera del Caribe.

Sobre la morfoestructura heredada de la cordillera y las llanuras costeras han actuado los procesos externos, con mayor o menor intensidad según las zonas. Así, en la franja costera ha adquirido un desarrollo notable la morfogénesis marino-litoral y en las

plataformas plio-pleistocenas han predominado la meteorización química de tipo kárstico y la morfogénesis lacustre-endorreica; por su parte, en la cordillera han predominado los procesos gravitacionales, la meteorización química y los procesos fluviales y de escorrentía superficial.



1.4. Antecedentes

Al igual que en resto del territorio dominicano, son mínimas las referencias bibliográficas de índole geomorfológica que afectan a la Hoja de Las Lisas, correspondiendo en todos los casos a alusiones marginales dentro de trabajos geográficos o geológicos.

Entre los trabajos pioneros destaca el reconocimiento geológico de la República Dominicana de Vaughan *et al.* (1921). La ingente cantidad de documentación aportada por Obiols y Perdomo (1966), con motivo de la elaboración de un atlas para la planificación del desarrollo integral de la República Dominicana, supuso la creación de una cartografía temática completa; dentro de ella, Guerra Peña (1966) realiza una división en provincias fisiográficas, incluyéndose la Hoja en los relieves montañosos de la Cordillera Oriental y la Llanura Costera Oriental.

Sin duda, el trabajo de mayor interés desde un punto de vista geomorfológico es el libro *Geografía Dominicana* (De la Fuente, 1976), que además de aportar una ingente cantidad de datos geográficos e ilustraciones, realiza numerosas consideraciones de orden geomorfológico. Ante la proliferación de nombres referidos a dominios geográficos observada en la bibliografía y las discrepancias existentes a la hora de fijar los límites de algunos de ellos, en el presente trabajo generalmente se han seguido los criterios expresados en dicho libro; además, estos criterios coinciden plenamente con los seguidos por la tradición popular, si bien discrepan en algunos casos de los utilizados en trabajos geológicos recientes.

Entre éstos, Lewis (1980) y Lewis y Draper (1990) consideran que la región se encuentra incluida en su Península Oriental, en tanto que desde un punto de vista geodinámico, Mann *et al.* (1991) proponen la pertenencia de la mayor parte de la Hoja al terreno del Oro, considerando que el extremo suroccidental de la Hoja pertenece al terreno de El Seibo.

Sin duda, el trabajo geológico de mayor interés es la tesis de Bourdon (1985), destacado estudio de la Cordillera Oriental basado fundamentalmente en aspectos estratigráficos y estructurales, aportando además una cartografía geológica a escala 1:100.000.

Desde un punto de vista metodológico, cabe señalar las diversas Hojas geomorfológicas y de procesos activos a escala 1:100.000 realizadas durante los

proyectos K y L del Programa SYSMIN (2004), destacando por su proximidad la Hoja de El Seibo (6372; Díaz de Neira, 2004).

Dentro de la escasez de trabajos puramente geomorfológicos en La Española, cabe señalar los diversos aspectos abordados en relación con el modelado kárstico de la región de Los Haitises por Díaz del Olmo y Cámara (2003), que guarda algunas similitudes con el de los materiales plio-cuaternarios de la Hoja de Las Lisas.

Debido a la importancia de las formaciones arrecifales plio-cuaternarias en el sector oriental de la Hoja, es preciso señalar las publicaciones de Schubert y Cowart (1982) y Geister (1982), pese a centrarse en aspectos cronológicos y paleogeográficos del sector occidental de la Llanura Costera del Caribe. En cualquier caso, el trabajo de mayor interés en relación con los materiales plio-cuaternarios de la Hoja ha sido el Informe elaborado por Braga (2010) dentro del presente proyecto, en el que además de tener en cuenta los datos aportados por los trabajos previos, aborda la estratigrafía, sedimentología y paleogeografía de las formaciones arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana, incluyendo referencias concretas a la Hoja de Las Lisas.

2. DESCRIPCIÓN FISOGRÁFICA

La fisiografía de la Hoja a escala 1:100.000 de Las Lisas (6472) queda definida por la presencia de la Cordillera Oriental, que desaparece bruscamente en las llanuras costeras de Miches y del Caribe, al norte y al este, respectivamente (Fig. 1.3).

La Cordillera Oriental es una alineación montañosa de dirección E-O y altitud siempre moderada, hasta el punto de que sus relieves llegan a confundirse con los de la región de Los Haitises. En el ámbito de la Hoja manifiesta más claramente su fisonomía como cordillera, alcanzando una altitud máxima de 736 m en el sector oriental (Loma Vieja); está integrada por una gran cantidad de formaciones montañosas menores separadas por valles de orientación NO-SE; por su proximidad al océano Atlántico, los principales encajamientos de la red fluvial se encuentran en sus vertientes septentrional y oriental.

Debido a la elevada pluviometría de la región, la red de drenaje está integrada por una densa red de ríos y arroyos de carácter permanente. La cordillera actúa como divisoria entre los cursos fluviales que vierten sus aguas al mar Caribe y los que lo hacen al océano Atlántico. La cuenca atlántica se caracteriza por cursos fluviales más cortos, destacando los ríos Nisibón y Anamuya. La cuenca meridional está integrada por cursos de mayor longitud y caudal dirigidos hacia el sur, entre ellos algunos de los principales del sector oriental dominicano: Soco, con sus principales afluentes Coamo y Humá, y Chavón, con sus afluentes Piedra y Quisibaní.

En su discurrir a través de la cordillera, los ríos muestran fuertes encajamientos, así como una activa erosión remontante, especialmente en la vertiente meridional, si bien al alcanzar las planicies pierden buena parte de su potencial incisivo y adquieren cierto carácter divagante.

La Llanura Costera de Miches está bien representada a lo largo de la costa del océano Atlántico, apareciendo como una planicie dispuesta a cotas inferiores a +20 m, sobre la que se alzan bruscamente los relieves septentrionales de la cordillera.

Por su parte, la Llanura Costera del Caribe constituye una monótona planicie que sólo ocasionalmente sobrepasa 100 m de altitud, atravesada en sentido N-S por esporádicos cursos fluviales, pero de notable envergadura: Ozama, Higuamo, Soco, Cumayasa, Chavón y Yuma, de oeste a este. Pese a la envergadura de éstos, en general se trata de una región con drenajes deficientes, especialmente en su franja

costera, donde predominan las pérdidas de drenaje superficial. Su litoral se configura principalmente como una costa baja, pero acantilada, en la que se intercalan diversas playas, más frecuentes en el extremo oriental.

La fisonomía de la Llanura Costera del Caribe se basa en la existencia de tres superficies escalonadas principales, paralelas a la línea de costa (Fig. 2.1.); esta fisonomía es heredada de la configuración paleogeográfica durante el Plioceno y Pleistoceno (Fig. 2.2) debido al ascenso regional acontecido durante el Cuaternario. Al igual que en el resto de la llanura, la barrera arrecifal correspondiente a la Fm Los Haitises constituye los terrenos más elevados de la Hoja, configurando la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe a modo de umbral de dirección NNO-SSE. Al pie de la Fm Los Haitises se dispone una sucesión de plataformas arrecifales (Fm La Isabela) de idéntica orientación dispuestas escalonadamente; la más elevada constituye la Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe, que desciende desde cotas máximas de +30 m al sureste, hasta cotas de +1 m al norte de El Salado, en tanto que la más baja integra la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe, que alcanza cotas máximas de +10 m, disminuyendo hasta desaparecer en el litoral.

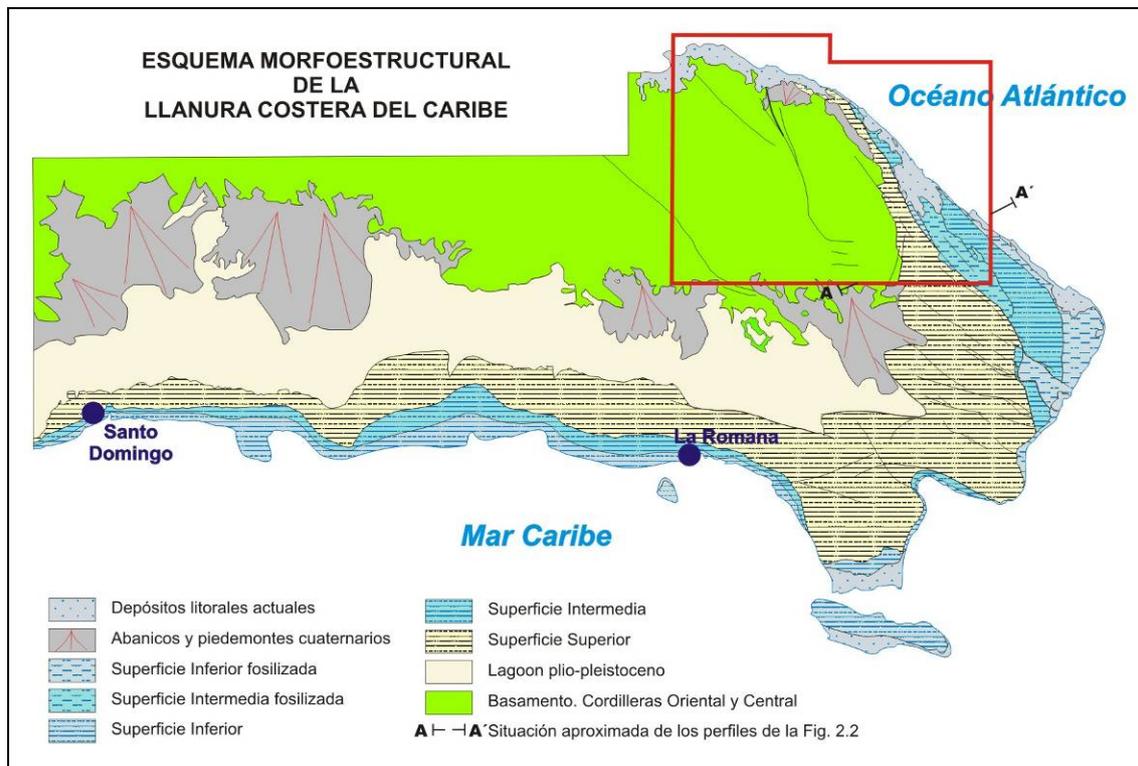


Fig. 2.1. Esquema morfoestructural de la Llanura Costera del Caribe

Por lo que respecta al litoral, tiene carácter de costa baja y arenosa, predominando las playas y los manglares.

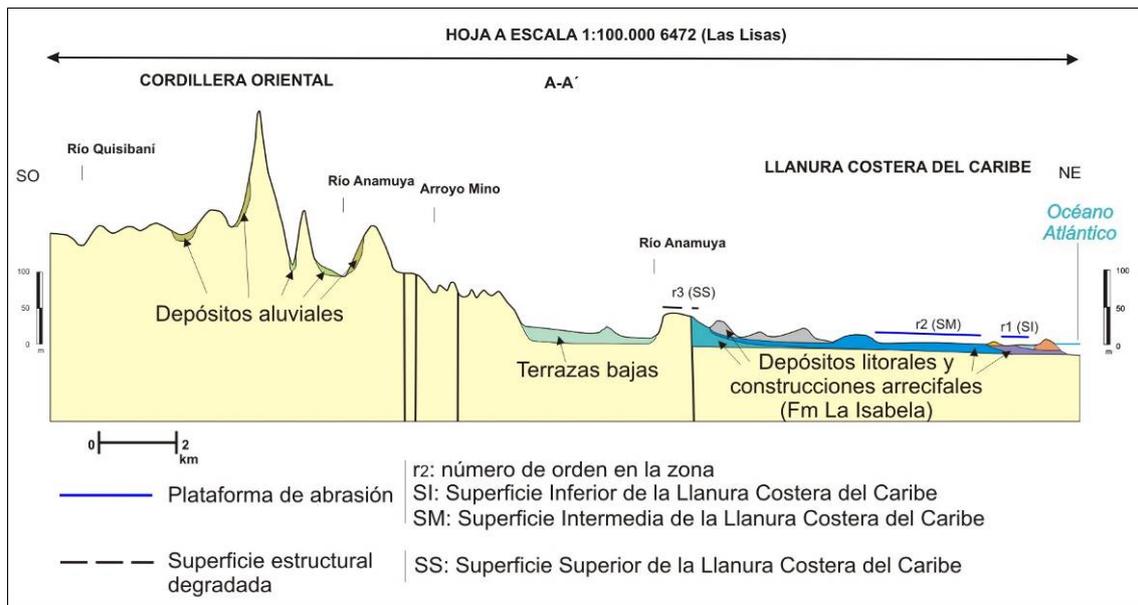


Fig. 2.2. Perfil esquemático de la Hoja de Las Lisas. Exageración vertical 20:1 respecto de la horizontal.

Los principales rasgos geomorfológicos de la Hoja son: la fuerte disección fluvial del dominio montañoso, sobre el que se ha desarrollado una notable argilización; la estructuración de los relieves de la cordillera a favor de fallas de orientación NO-SE a NNO-SSE, que delimitan alineaciones menores cuyas cumbres parecen representar los restos de una antigua superficie de erosión; la presencia de planicies costeras debidas a la emersión y el escalonamiento de las plataformas arrecifales plio-pleistocenas, degradadas por karstificación; y los complejos de playas y dunas que protegen marismas y lagunas costeras, debidos a una activa dinámica marino-litoral.

La región posee un típico clima tropical (De la Fuente, 1976), suavizado por su carácter insular, con temperaturas medias que oscilan entre 26 y 27° C y precipitaciones en torno a 1.300 mm/año, aumentando de manera significativa en la franja litoral, donde sobrepasan los 2.000 mm/año; es frecuente la llegada de tormentas tropicales y huracanes, especialmente concentradas entre septiembre y octubre, observándose variaciones estacionales ligeras, siendo algo más acusadas las diarias. En cuanto a la evapotranspiración potencial, sus valores oscilan entre 950 y 1.200 mm/año.

La vegetación varía notablemente en los dos dominios. La llanura está dedicada a pastos y cultivos de arroz, mientras que en la cordillera las variaciones litológicas condicionan directamente su cobertura vegetal, con áreas totalmente descubiertas frente a zonas de pastos y bosques tropicales.

La zona se encuentra bastante deshabitada. Su escasa población se encuentra muy desigualmente repartida, concentrándose en los núcleos de población de la franja litoral y en los de las inmediaciones de la carretera El Seibo-Higüey, destacando las poblaciones de Las Lisas, La Mina, La Vacama, La Laguna, El Bonaó, El Salado y Bejucal. La actividad humana se concentra fundamentalmente en el sector suroriental y se centra en el turismo, en tanto que en el resto de la zona predomina la actividad agrícola y ganadera.

La red de comunicaciones es bastante precaria, con tres carreteras principales: Miches-Higüey, que transcurre en buena medida por el litoral; Higüey-Punta Macao-Bávaro, que discurre por la Llanura Costera del Caribe; y El Seibo-Higüey, que atraviesa los relieves de la Cordillera Oriental. Además de éstas, la red se completa con un pequeño número de carreteras, pistas y caminos, prácticamente inexistentes en el sector central.

3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

En el presente capítulo se trata el relieve desde un punto de vista puramente estático, entendiendo por tal la explicación de la disposición actual de las distintas formas, pero buscando al mismo tiempo su origen (morfogénesis). Se procede a continuación a la descripción de las distintas formas diferenciadas en la Hoja, atendiendo a su geometría, tamaño y génesis; el depósito que acompaña a algunas de estas formas (formaciones superficiales), será el objeto del capítulo 4.

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

3.1. Estudio morfoestructural

El relieve de la zona está condicionado en gran medida por la naturaleza y la disposición de los materiales que la conforman. El sustrato volcano-sedimentario cretácico de la cordillera ha sido afectado por la creación y desnivelación de bloques, habiendo condicionado el encajamiento rectilíneo de algunos tramos de la red fluvial y el desarrollo de capturas; igualmente, en el sector suroccidental muestra un acusado plegamiento, marcado por los contrastes litológicos. Por el contrario, en la Llanura Costera de Miches se ha desarrollado una extensa planicie tapizada por sedimentos cuaternarios de origen variado. Por lo que respecta a la Llanura Costera del Caribe, el techo de los materiales carbonatados plio-pleistocenos de la Fm Los Haitises constituye una superficie estructural dispuesta regionalmente a modo de umbral, cuya vertiente hacia el litoral está configurada por los aterrazamientos conformados por los depósitos arrecifales pleistocenos de la Fm La Isabela como consecuencia de la retirada del mar (Fig. 2.1).

Sobre la arquitectura básica señalada para los distintos dominios, han actuado con mayor o menor eficacia la morfogénesis fluvial, gravitacional, marino-litoral, lacustre-endorreica, por meteorización química y poligénica.

3.1.1. Formas estructurales

Se encuentran diseminadas por todo el ámbito de la Hoja, si bien es en el sector suroccidental donde alcanzan su máxima expresión, constituyendo el condicionante fundamental de la morfoestructura, que no obstante se encuentra retocada por otros procesos morfogenéticos.

La densa red de fracturación tiene una clara expresión morfológica en el ámbito de la cordillera y de su límite con las llanuras costeras, así como en la orientación de diversas alineaciones orográficas menores y de numerosos segmentos de la red fluvial. Las *fallas* con expresión morfológica se agrupan principalmente en torno a la familia de dirección NO-SE, aunque también existen representantes de cierta importancia de dirección NNO-SSE y NNE-SSO. Corresponden a fallas normales y desgarres cuya longitud puede superar 10 km. Mención aparte merece la falla del Yabón, falla de salto en dirección sinistral que atraviesa el sector suroccidental con orientación NO-SE y que adquiere una expresión mucho más destacada en la vecina Hoja de El Seibo (6372). En ocasiones, las fallas se encuentran bajo depósitos cuaternarios sin afectarlos o bien algún rasgo morfológico parece estar condicionado por una falla sin que se tenga la total certeza de su existencia, habiéndose representado en estos casos como *fallas supuestas*.

Pese a la elevada velocidad con que la meteorización elimina o enmascara algunas formas, existen diversos rasgos que se interpretan en relación con la acción de fallas, entre ellos los *escarpes de falla*, frecuentemente *degradados*.

También han adquirido gran importancia las morfologías condicionadas por la distinta resistencia a la meteorización ofrecida por los materiales aflorantes, o litoestructurales, como los resaltes de *líneas de capa monoclinales* acompañados por *escarpes* de numerosos niveles de areniscas, radiolaritas y calizas, intercalados en las Fms. Las Guayabas, Arroyo La Yabana, Río Chavón y Loma de Anglada, que también dan lugar a *cerros cónicos*, *crestas* y *barras*. Menos frecuentes son los *chevrans*, que aparecen asociados con los materiales paleógenos del sector de la loma de El Peñón.

En el sector del batey Papagayo y La Vacama aparece la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe, *superficie estructural degradada* constituida por las capas horizontales del techo de la Fm Los Haitises y que incluye las cotas más elevadas de dicho dominio en la Hoja, sobrepasando +40 m. En cualquier caso, aunque parece

evidente el carácter estructural de esta superficie, es probable que también haya sufrido la acción de la morfogénesis marino-litoral durante su formación.

3.2. Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Cordillera Oriental y las llanuras costeras de Miches y del Caribe, tiene como resultado una expresión sensiblemente diferente. Así, el modelado de la cordillera es el producto de una larga evolución presidida por los procesos sedimentarios, magmáticos y tectónicos acaecidos a lo largo del periodo Cretácico Superior-Terciario, generadores de relieves positivos sobre los que han actuado, con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o al modelado de dichos relieves, destacando los de carácter fluvial, gravitacional, marino-litoral y poligénico. Por lo que respecta a las llanuras costeras, son los procesos marino-litorales, lacustre-endorreicos y eólicos los condicionantes fundamentales de su aspecto actual.

Además de los anteriores, también han participado en mayor o menor medida en la construcción del relieve actual los procesos originados por meteorización química y antrópicos.

3.2.1. Formas gravitacionales

Pese a los importantes desniveles existentes en el ámbito de la cordillera, apenas se ha reconocido este tipo de formas, en parte como consecuencia de la propia dinámica de retroceso de las vertientes, que provoca su permanente evolución, sin olvidar la dificultad que supone para su identificación la densa cobertura vegetal existente y su rápido crecimiento. Las principales formas gravitacionales reconocidas corresponden a *deslizamientos* y *coluviones*, que se concentran en el límite entre las rocas plutónico-metamórficas y las Fms. Río Chavón y El Bonaó. En algunas vertientes de los afloramientos de la Fm Río Chavón se han distinguido *vertientes con surcos de erosión* y *laderas con reptación*, probablemente a favor de los niveles lutíticos, fácilmente disgregables.

En las llanuras poseen escasa relevancia debido al predominio de las grandes planicies. Además, las *caídas de bloques* a favor de los escarpes (paleoacantilados) de la Llanura Costera, son incartografiables debido a sus reducidas dimensiones.

Se han reconocido *cambios bruscos de pendiente* en el sector meridional, en las proximidades del límite entre la Llanura Costera del Caribe y la Cordillera Oriental, aunque en buena parte de los casos no han sido representados, al coincidir con el límite de formaciones superficiales, tal como ocurre también en la vertiente septentrional.

3.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial

Están ampliamente representadas especialmente a través de numerosos valles intramontañosos, aunque también constituyen una buena parte de la superficie de las llanuras costeras de Miches y del Caribe. Entre ellas destacan por su extensión los distintos tipos de abanicos aluviales.

Los *fondos de valle* son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual; en general, se trata de formas estrechas coincidentes con el canal de estiaje. Los más destacados se localizan en la vertiente meridional, destacando el del río Duey. Además de éste, el arroyo La Vacama, los ríos Maimón, Anamuya, Chavón y su afluente, el arroyo Cojobal, han desarrollado *terrazas*, limitadas generalmente por *escarpes*. Se trata de terrazas bajas con cotas que no superan los +20 m de altura sobre el *canal principal*, pudiendo incluir *cauces abandonados*, como ocurre en el curso bajo del río Maimón. En las proximidades de la desembocadura del río Anayuma se distingue una *terrazza erosiva* a ambos lados del cauce.

A lo largo de la cordillera, las mayores formas representadas son los *conos de deyección* y los *abanicos aluviales*, entre los que se han reconocido tres sistemas principales. Su depósito se produce en la confluencia de ríos y arroyos con valles de mayor entidad, en los cuales la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose; cuando los ápices se encuentran próximos entre sí, se produce coalescencia. Poseen longitudes de hasta 3 km con respecto al ápice, sensiblemente inferiores en cualquier caso a las de los abanicos de baja pendiente, que alcanzan hasta 5 km, como el de los ríos Nisibón o Duey, probablemente como consecuencia de la menor densidad de carga en el caso de estos últimos.

El sistema más antiguo aparece representado por un reducido número de afloramientos en el sector meridional, relictos de episodios previos de los ríos Duey y Sanate; aparecen colgados con respecto a las generaciones más recientes, constituyendo la superficie de arranque del encajamiento de la red fluvial en dicha zona, así como la de las restantes generaciones de abanicos aluviales. El sistema

intermedio engloba probablemente diversas generaciones difícilmente correlacionables debido a la desconexión de la mayoría de las formas, caracterizándose por mostrar un retoque erosivo que, aunque variable de unos cuerpos a otros, indica que ya no son funcionales; sus principales representantes se encuentran en los valles de los ríos Duey, Maimón, Maná, Sanate, Llano y Chavón. Por su parte, el sistema más moderno agrupa los dispositivos potencialmente funcionales, como se deduce de su mínimo retoque erosivo; sus ejemplares se encuentran ampliamente distribuidos. En el sector septentrional adquieren un importante desarrollo los *abanicos aluviales de baja pendiente*, que partiendo al pie de la cordillera, tapizan parte de la llanura costera.

Con una gran extensión en los valles interiores de la cordillera, aparecen formas de carácter *aluvial-coluvial* en las que no resulta posible separar los depósitos de origen fluvial y gravitacional; en algunos casos podrían corresponder a *mantos de arroyada*.

Entre las formas erosivas se han reconocido: *incisión lineal*, ampliamente representadas por toda la zona, especialmente en el dominio montañoso, donde también son numerosas las *aristas en interfluvios*; *divisorias montañosas*, destacando la que separa las vertientes atlántica y caribeña; *pérdidas de drenaje* y *líneas de drenaje difuso*, abundantes en buena parte de los cursos que alcanzan la llanura costera; *capturas*, como resultado de la erosión remontante; *escarpes*, localizados en el ámbito de la cordillera; y *cabeceras de cárcavas*, en zonas montañosas donde los depósitos son fácilmente disgregables.

Predominan los cursos fluviales con comportamientos de tipo consecuente, discurriendo a favor de la máxima pendiente regional, si bien para ello se ven favorecidos en buena parte de sus tramos por la litología y la estructura; estos factores también provocan cambios bruscos en la orientación de los elementos de la red de drenaje, con comportamientos de tipo subsecuente. En general, la red fluvial posee una geometría de tipo dendrítico, aunque la influencia de la estructura hace que algunas zonas muestren tendencias rectangulares, especialmente en el sector suroccidental.

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

3.2.3. Formas eólicas

Aparecen representadas exclusivamente por un *manto eólico*, con desarrollo local de dunas, localizado en la franja litoral; su principal manifestación se prolonga hacia el oeste por la Hoja a escala 1:50.000 de Miches (6372-I), alcanzando una longitud cercana a 20 km. Se trata de una acumulación arenosa informe de varios kilómetros cuadrados, colonizada por cocos, probablemente derivada de un *cordón litoral degradado*.

3.2.4. Formas lacustres y endorreicas

Se trata de *lagunas y áreas pantanosas*, con una amplia representación en la llanura costera. Las *áreas pantanosas* aparecen ocupando una extensa franja prácticamente paralela a la costa; en su interior destacan las lagunas Redonda, Juan Feliz y del Limón, cuyo eje mayor alcanza 4 km en el caso de la primera. Éstas parecen constituir el vestigio de una amplia laguna costera cuyos procesos de colmatación-desección las transforman paulatinamente en áreas pantanosas.

3.2.5. Formas marinas-litorales

Determinan la fisonomía de la franja litoral entre la línea de costa y la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe o la Cordillera Oriental. En el sector oriental, sus elementos más destacados son las *construcciones biogénicas* pertenecientes a la Fm La Isabela, que se disponen escalonadamente (terrazas marinas) de forma subparalela al litoral; sobre ellas se han desarrollado *plataformas de abrasión*, parcialmente ocultas por un *complejo litoral fósil de playas y dunas*. Las plataformas se extienden por toda esta zona, habiéndose reconocido dos niveles a cotas de +6 m (r_1) y +20 m (r_2), las cuales constituyen respectivamente las superficies Inferior e Intermedia de la Llanura Costera del Caribe (Fig. 2.1), si bien, como ya se ha señalado, posiblemente la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe (+40 m), esculpida sobre la Fm Los Haitises, podría constituir la plataforma de abrasión más antigua (r_3) (Fig. 3.1).

Las plataformas están delimitadas por *acantilados fósiles*, que aparecen como escarpes de características variables. Los paleoacantilados relacionados con las dos plataformas superiores (r_2 y r_3) poseen en algunas zonas desniveles de 10-15 m y en función de su degradación, pueden aparecer con cierta inclinación.

ESTIMACIONES DE EDADES Y TASAS DE ELEVACIÓN DE LA LLANURA COSTERA DEL CARIBE
(Basado en datos de Braga, 2010)

FORMACIÓN	PLATAFORMA DE ABRASIÓN	UNIDAD CARTOGRÁFICA (TERRAZA MARINA)	SUPERFICIE DE LA LLANURA COSTERA DEL CARIBE EQUIVALENTE	COTA (m)		DATACIÓN (ka)	TASA DE ELEVACIÓN (mm/año)	EDAD	ESTADIO ISOTÓPICO	
				JUAN DOLIO	MACAO					
LA ISABELA	r1	n	INFERIOR	6 10	6	121±9	0,050 0,083	PLEISTOCENO SUPERIOR	MIS 5e	126 ka
	r2	m	INTERMEDIA	26	20	313,3	0,083	PLEISTOCENO MEDIO	MIS 9 MIS 11	781 ka
				32		385,5	0,083		MIS 11	
LOS HAITISES	r3?		SUPERIOR	40	40	781,0	0,051	PLEISTOCENO INFERIOR		1806 ka
						3.500,0	0,011	PLIOCENO		

121: datación absoluta (Schubert y Cowart, 1982)

Fig. 3.1. Tasa de elevación y edad de las unidades arrecifales de la Hoja de Las Lisas en el contexto de la Llanura Costera del Caribe

En la zona septentrional, la cordillera esconde vestigios de una superficie de erosión interpretada como una *plataforma de abrasión degradada*. La evolución paleogeográfica propuesta para la Cordillera Oriental durante el Plioceno, como una plataforma de la que sólo emergerían algunas islas, a modo de archipiélago (Díaz de Neira *et al.*, 2007), hace muy probable la intervención marina en la formación de la superficie. Posteriormente, se habría visto afectada por procesos de intensa argilización.

En relación con lo anterior, es posible que las crestas y aristas existentes en la mayor parte de la cordillera correspondan a los restos de una superficie de abrasión relacionada con la plataforma de La Herradura o de Miches, localizada en la Hoja a escala 1:100.000 de El Seibo (6372); no obstante, el carácter lineal de sus restos ha impedido su representación cartográfica, aunque los cortes efectuados la ponen de manifiesto de forma evidente (Díaz de Neira *et al.* 2007).

El elemento más característico de la costa actual es la presencia de un *cordón litoral* en cuyo frente se han desarrollado *playas* muy continuas, aunque de anchura decamétrica e incluso inferior. Su continuidad sólo se ve truncada por la desembocadura de diversos cursos fluviales y por la presencia de los *canales de marea* de La Boca de Celedonio y Boca de Los Palos, que conectan la Laguna Redonda y la bahía de Maimón con el océano Atlántico.

Otro de los elementos característicos del litoral son las *marismas bajas* o zonas afectadas por las mareas diarias, coincidentes con el *manglar*, su principal

manifestación se encuentra en el dorso del cordón litoral, en su sector oriental. Debido a la intersección del nivel freático con la topografía se han formado varias *lagunas costeras* cuya cota oscila notablemente debido a las mareas.

3.2.6. Formas originadas por meteorización química

Las formas relacionadas con la acción kárstica desarrollada sobre rocas carbonatadas poseen una notable representación por toda la zona, debido a la extensión alcanzada por las Fms. Los Haitises y La Isabela; sus afloramientos constituyen un *campo de lapiaces* desnudo, quedando *semicubierto* en las zonas de afloramiento de los complejos litorales fósiles de playas y dunas. En cualquier caso, el mayor desarrollo de la karstificación se encuentra ligado a los afloramientos de la Fm Los Haitises y los niveles calizos de la Fm Yanigua, que pueden considerarse como un *área con intensa karstificación*, siendo su máxima expresión las *pequeñas dolinas* y *dolinas con fondo plano*, en su mayoría rellenas por arcillas rojas producto de la descalcificación de los carbonatos. Las *dolinas* son las formas más características, superando 500 m de eje mayor en algunos casos. Igualmente, se observan *uvalas* por confluencia de varias dolinas.

También el ámbito de la loma El Peñón puede considerarse un área con intensa karstificación, que ha provocado la formación de *cuevas*, como la de la loma de El Guano, habiendo afectado a diversos conjuntos carbonatados cretácico-paleógenos, como muestran los campos de lapiaces desarrollados sobre las calizas de las Fms. Bejucal y Loma Peñón.

En cuanto a los procesos de meteorización química en rocas no carbonatadas, se encuentran muy extendidas las *argilizaciones*, cuyo resultado son las arcillas rojas de carácter laterítico, típicas de la meteorización en ambientes tropicales; afecta a un amplio espectro de sustratos, principalmente los materiales sedimentarios y volcano-sedimentarios cretácicos de la Fm Las Guayabas. Ocasionalmente, puede llegar a afectar incluso a algunos depósitos cuaternarios.

3.2.7. Formas poligénicas

Se incluyen en este grupo las formas cuya morfogénesis puede atribuirse a la acción simultánea o sucesiva de más de un proceso genético, habiéndose reconocido tan sólo cerros cónicos y picos principales. Los *picos principales* se encuentran casi en su totalidad a lo largo de la divisoria montañosa de las vertientes atlántica y caribeña,

destacando el de Loma Vieja, con 736 m de altitud. Por lo que respecta a los *cerros cónicos*, resultado de procesos de erosión selectiva, son escasos, concentrándose en cualquier caso en los sectores septentrional y meridional.

3.2.8. Formas antrópicas

La actividad antrópica constituye una importante característica en el litoral oriental de la Hoja, donde existe una fuerte modificación del paisaje debida a la creciente generación de infraestructuras turísticas y por la actividad propia de este sector. La escala de trabajo únicamente ha permitido representar una *escombrera* o *vertedero* situado al sur de Macao, si bien este tipo de formas son más numerosas.

4. FORMACIONES SUPERFICIALES

Se consideran como tales todas aquellas formas con depósito, consolidado o no, relacionadas con el modelado del relieve actual. Su principal característica es su cartografiabilidad, definiéndose por una serie de atributos como geometría, tamaño, génesis, litología, textura, potencia y cronología; los tres primeros han sido tratados en el estudio del modelado, abordándose a continuación los aspectos relacionados con litología, textura, potencia y cronología, si bien ésta tiene carácter tentativo en la mayor parte de los casos ante la precariedad de las dataciones existentes.

4.1. Formaciones gravitacionales

4.1.1. Arenas, arcillas y cantos. Coluvión (a). Holoceno

Se localizan en las laderas de la loma La Sierra, en el límite entre dos litologías con diferente dureza: por una parte, dioritas y rocas metamórficas; y por otra, rocas sedimentarias de las Fms. Río Chavón y El Bonaó. Están compuestos por cantos heterométricos subangulosos englobados en una matriz areno-arcillosa; proceden del desmantelamiento de las vertientes por lo que la naturaleza de sus elementos constituyentes varía en función del área madre.

Su potencia y características internas también son variables, no pudiendo precisarse aquélla por ausencia de cortes. Se atribuyen al Holoceno puesto que todavía son activos.

4.1.2. Bloques, cantos y arcillas. Deslizamiento (b). Holoceno

Aparecen en el mismo ámbito que los coluviones, por lo que su composición presenta notables similitudes, si bien en el caso de los deslizamientos incluyen bloques de orden métrico.

Se observan importantes variaciones de espesor, dentro de un orden métrico a decamétrico. Se asignan al Holoceno por su dinámica actual.

4.2. Formaciones fluviales

4.2.1. Lutitas, arenas y gravas. Abanicos aluviales (c). Pleistoceno

Se trata de los restos de los abanicos de la generación más antigua, que aflora exclusivamente en el sector meridional. Su composición está influida por la de su correspondiente área madre, caracterizándose por un predominio de los niveles de gravas integradas por cantos redondeados de naturaleza volcano-sedimentaria y sedimentaria, derivados de la Fm Las Guayabas e incluidos en una matriz arenosa. Con frecuencia intercalan lutitas rojas, que pueden llegar a ser el constituyente principal al provenir de los productos de alteración de la cordillera. Su espesor está comprendido entre 3 y 10 m.

Se encuentran colgados con respecto a la red fluvial actual, por lo que se han incluido en el Holoceno.

4.2.2. Lutitas, arenas y gravas. Conos de deyección y abanicos aluviales (d, h). Pleistoceno-Holoceno

Constituyen las generaciones intermedia (d) y reciente (h) de los depósitos correspondientes a abanicos aluviales y conos de deyección. Están integrados por proporciones variables de lutitas, arenas y gravas, cuya composición varía en función del área madre, aunque predominan los términos lutíticos rojizos como consecuencia del desarrollo alcanzado por las argilizaciones en la cordillera. Su espesor puede alcanzar 20 m. Los de la generación intermedia están afectados por una notable disección de la red fluvial, que indica su carácter relicto, a diferencia de los recientes, de carácter funcional.

No hay duda de que los más recientes pertenecen al Holoceno, pero probablemente los de la generación intermedia deben pertenecer, al menos parcialmente, al Pleistoceno.

4.2.3. Limos, arenas y gravas. Terraza (e, f). Pleistoceno-Holoceno

Las presentes formaciones están constituidas por gravas polimícticas, con predominio de cantos de origen volcano-sedimentario y sedimentario, en una matriz areno-limosa; el tamaño de los cantos varía notablemente, predominando los diámetros de 10-20 cm. En algunos casos, la alteración ha transformado el sedimento, total o

parcialmente, en una masa arcillosa pardo-rojiza. Su potencia suele oscilar entre 2 y 7 m. Por lo que respecta a su edad, por el grado de encajamiento que muestra la red fluvial, las terrazas medias se atribuyen al Pleistoceno, en tanto que las bajas se asignan al Holoceno.

4.2.4. Lutitas, arenas y gravas. Abanicos aluviales de baja pendiente (g). Pleistoceno-Holoceno

Están constituidos por gravas polimícticas redondeadas y arenas, en una matriz lutítica pardo-rojiza; con frecuencia, ésta llega a ser la litología predominante debido a su alimentación a partir de los productos de alteración de los materiales cretácicos de la cordillera, sin olvidar que además su composición original puede estar enmascarada por los procesos de argilización sufridos por ellos mismos. La ausencia de cortes de detalle y la intensa alteración regional, que con frecuencia dificulta su separación del sustrato, impiden precisar su espesor, que en cualquier caso varía tanto en función del paleorrelieve sobre el que se asientan, como de la propia geometría del depósito, aunque pueden señalarse valores orientativos de 2-10 m.

En cuanto a su edad, debido al grado de encajamiento de la red fluvial, se han enmarcado en el Pleistoceno-Holoceno.

4.2.5. Lutitas, arenas y gravas. Mantos de arroyada y aluvial-coluvial (i). Holoceno

No existe corte alguno que permita su descripción detallada, apareciendo como depósitos poco estructurados, entre los que predominan las lutitas procedentes de los mantos de alteración, con intercalación de niveles de espesor decimétrico de arenas y gravas. Afloran muy extensamente en los amplios valles del sector suroccidental. Su espesor no parece superar 5 m. Por su estado de conservación, se han asignado al Holoceno.

4.2.6. Gravas, arenas y lutitas. Fondo de valle (j). Holoceno

Los fondos de valle están constituidos por gravas y arenas de composición volcansedimentaria y sedimentaria principalmente, al nutrirse de materiales cretácicos de la cordillera; puntualmente pueden presentar un incremento lutítico por transitar por zonas fuertemente alteradas. Las gravas contienen cantos redondeados de 10-20 cm de diámetro, que en ocasiones pueden sobrepasar 50 cm. Aunque no existen cortes que permitan determinar su espesor, sin duda varía notablemente en función del curso

en cuestión, si bien en los de mayor envergadura podría alcanzar 5 m. Por su actividad actual se asignan al Holoceno.

4.3. Formaciones eólicas

4.3.1. Arenas. Manto eólico y cordón litoral degradado (k). Holoceno

Se trata de depósitos informes constituidos por arenas medias y finas, de tonos predominantemente claros debido al contenido cuarzo-feldespático, que se extienden por la franja litoral, especialmente al oeste de la desembocadura del río Cedro. Su geometría hace que su espesor sea variable entre algunos centímetros y 1m; localmente se observan asociaciones de dunas de hasta 3 m de altura. Aunque se encuentran parcialmente fijadas por la vegetación, gozan de cierta movilidad, por lo que se asignan al Holoceno.

4.4. Formaciones lacustres-endorreicas

4.4.1. Limos negros. Área pantanosa (l). Holoceno

Aparecen en la franja litoral, tratándose del depósito de áreas de tendencias endorreicas y encharcamientos frecuentes, fuertemente vegetadas, constituido por lutitas oscuras. Su espesor no ha sido establecido, aunque probablemente se acerque a 2-3 m. Por su relación dinámica actual se enmarcan en el Holoceno.

4.5. Formaciones marinas-litorales

4.5.1. Calizas arrecifales. Construcciones biogénicas (m, n). Pleistoceno Medio-Superior

Configuran las plataformas o escalonamientos dispuestos entre el umbral constituido por la Fm Los Haitises y la línea de costa. Se reconocen dos unidades cuya diferencia estriba en su distinta disposición morfológica y las diferencias cronológicas que ésta conlleva; la superior (m), cuyo techo constituye la Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe, queda parcialmente oculta por el complejo litoral fósil de dunas y playas más antiguo (ñ), en tanto que la inferior (n), cuyo techo constituye la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe, queda oculta parcialmente por el complejo litoral fósil inferior (p). Están constituidas fundamentalmente por calizas arrecifales

correlacionables con los materiales similares que Marcano y Tavares (1982) definieron como Fm La Isabela en las proximidades de esta localidad.

En general, están integradas por la superposición y acumulación de esqueletos de colonias de coral, en posición de vida o más o menos volcadas y con distintos grados de fragmentación, que presentan en muchos casos costras de diverso grosor de algas rojas coralinales (Braga, 2010). Entre las colonias se observa un sedimento interno de calcirrudita-calcarenita bioclástica, compuesta por fragmentos de coral, algas, moluscos, equinodermos y briozoos, en una matriz micrítica. El sedimento interno no siempre rellena completamente los espacios entre los corales, lo que unido a los huecos producidos por la disolución de los esqueletos de coral, le confiere una elevada macroporosidad. La ausencia de cortes que expongan su base hace que sólo pueda deducirse que su espesor supera 10 m.

Donde la exposición lo permite, se observa una cierta zonación en la composición de los corales constructores principales, similar a la observada en otras áreas de la República Dominicana (Geister, 1982). En la zona del núcleo de la construcción situada hacia tierra predominan las colonias masivas en domos de *Montastrea annularis* y especies de *Diploria*. La construcción se extiende tierra adentro con parches discontinuos de extensión lateral métrica a decamétrica. En la zona del núcleo, que corresponde a la zona de rompiente, el coral de ramas muy gruesas *Acropora palmata* aparece junto a colonias masivas de *Montastrea annularis*, *Siderastrea*, *Diploria* y *Porites*. Hacia el mar incrementan las proporciones de colonias de ramas finas de *A. prolifera* y *A. cervicornis*, que acaban siendo dominantes. Según Geister (1982), a mayor profundidad pasan a dominar de nuevo las colonias masivas de *Montastrea*, *Diploria* y *Porites*.

Las facies de acumulación, pendiente abajo y mar adentro, de los derrubios bioclásticos procedentes de la destrucción del arrecife y de la fragmentación de los esqueletos de los distintos organismos que en él vivieron, están representadas por brechas, calcirruditas y calcarenitas bioclásticas, a los que se incorporan también los restos de los organismos que vivieron mar adentro sobre el talud de derrubios del arrecife (Braga, 2010). Estas facies aparecen en cliniformas poco definidas, con un buzamiento de 3-4° hacia el mar.

Hacia el interior, los depósitos de *lagoon* presentan normalmente facies de calcarenitas finas ricas en micrita (*packstones*), con restos de moluscos, generalmente moldes, y corales, algunos de ellos cabezos en posición de vida.

Estas facies representan los restos conservados *in situ* de arrecifes de coral, muy semejantes, tanto en componentes como en la zonación composicional, a los arrecifes actuales del Caribe (Fig. 4.1).

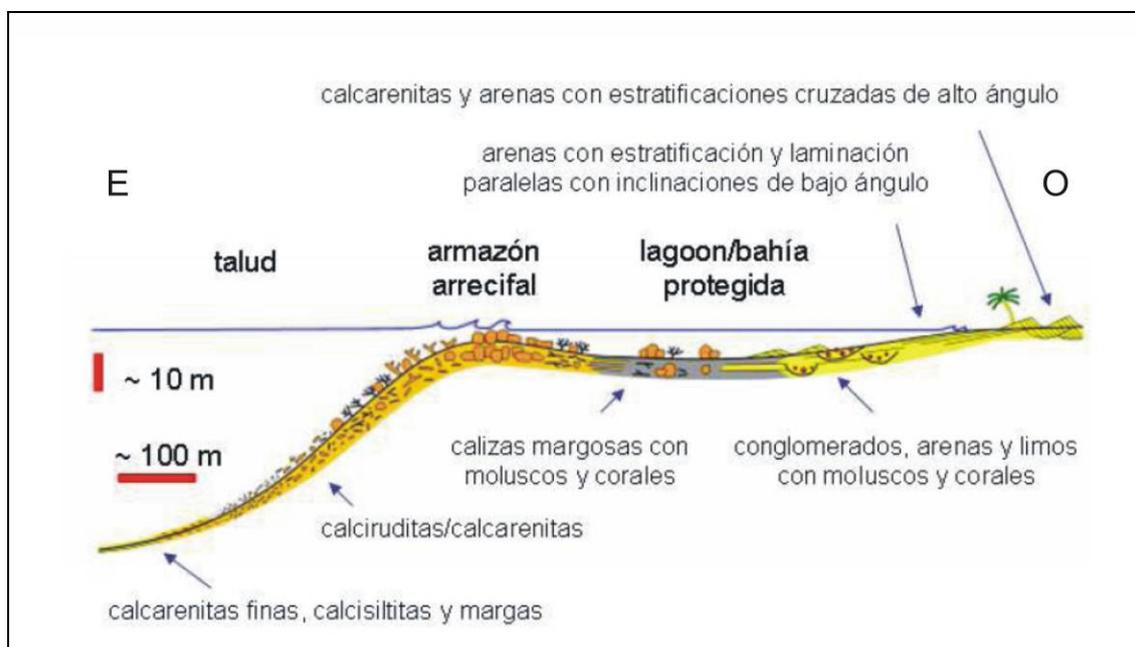


Fig. 4.1. Modelo sedimentario de la Fm La Isabela (Braga, 2010)

Petrográficamente, las masas no coralinas aparecen como calizas fosilíferas (biomicritas) con grado de recristalización variable y porosidad tanto primaria como secundaria, de hasta el 16%. Presentan diversas texturas, pero siempre con carácter bioclástico o pelmicrítico, mostrando proporciones variables de aloquímicos (22-82%), matriz (< 64%) y cemento (< 44%), correspondiendo los componentes aloquímicos a fósiles, peloides y, ocasionalmente, intraclastos.

Pese al abundante contenido faunístico que incluyen, su edad se basa exclusivamente en las dataciones efectuadas por Schubert y Cowart (1982) entre Punta Caucedo y San Pedro de Macorís sobre varias muestras tomadas en la terraza de +6-7 m de altura (equivalente de la formación n), de las que se deduce una edad de 121 ± 9 ka, lo que sitúa su depósito en el Estadio Isotópico Marino 5e (MIS 5e), que corresponde a un intervalo de edad de 117-128 ka (Lea *et al.*, 2002). Extrapolando las tasas de levantamiento calculadas (Fig. 3.1) a la plataforma consecutivamente más alta (equivalente de la formación m), cuyo techo está allí a +30 m, tendría una edad de 365,9-612,2 ka, intervalo de edad que sugiere que la terraza se generó en el MIS 11, cuyo pico de nivel de mar está alrededor de 400 ka. Pese a las imprecisiones señaladas, de acuerdo con las edades anteriores, el depósito de la Fm La Isabela en

la Llanura Costera del Caribe se habría producido durante el Pleistoceno Medio-Superior.

4.5.2. Calcarenitas y arenas. Complejo litoral de playas y dunas (ñ, p). Dunas del Complejo litoral (o, q). Pleistoceno Medio-Superior

Fosilizan las plataformas o escalonamientos constituidos por la Fm La Isabela, reflejando la tendencia regresiva por la que los complejos arrecifales han ido retrocediendo hasta su posición actual a lo largo del Cuaternario. Se reconocen dos grandes conjuntos: el conjunto superior (ñ, o) fosiliza parcialmente la Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe (r_2), en tanto que el inferior (p, q) hace lo propio en relación con la Superficie Inferior (r_1); la relación de superposición entre estos dos conjuntos es visible en una cantera situada al norte de El Salado.

El complejo superior (ñ) posee una acusada morfología dunar, con elevaciones de hasta 40 m sobre la plataforma arrecifal sobre la que reposa (m). Cuando su definición y dimensiones lo han permitido, se ha individualizado un cordón dunar (o). El conjunto está integrado por calcarenitas muy bien seleccionadas con estratificaciones y laminaciones cruzadas de alto ángulo, longitudes métricas a hectométricas y alturas métricas a decamétricas. Se interpretan como dunas eólicas generadas en un ambiente litoral (Braga, 2010), como se deduce del contexto general de la zona y de la orientación paralela a la costa actual de los cordones individualizados cartográficamente.

El complejo inferior (p) tiene menor extensión que el anterior y aflora en el sector suroriental, desapareciendo en la desembocadura del río Anamuya. Constituye una planicie de la que sobresale un pequeño alomamiento correspondiente a una duna longitudinal (q), que puede llegar a alcanzar una altura de 10 m.

En el complejo inferior, las facies más frecuentes corresponden a calcarenitas bien seleccionadas, con estratificación y laminación paralela e inclinaciones de bajo ángulo hacia el mar, que cambian lateralmente y progradan sobre el mismo tipo de sedimento, con estratificaciones cruzadas en artesa de longitudes decimétricas a métricas y alturas decimétricas, o calcarenitas con *ripples*. Son *grainstones* bien cementados, muy ricos en foraminíferos, fragmentos de algas coralinales y briozoos. Cualquiera de estas facies puede estar bioturbada. Se trata de depósitos de playa que corresponden al *foreshore* y *shoreface*. Según lo observado en algunas canteras de la Hoja vecina de Juanillo/Bávaro (6571/6572), el conjunto prograda sobre las calcarenitas

bioclásticas del *lagoon* o directamente sobre las construcciones arrecifales de la Fm La Isabela.

Sobre las facies de *foreshore*, en algunos puntos se encuentran calcarenitas muy bien seleccionadas con estratificaciones y laminaciones cruzadas de alto ángulo, longitudes métricas a decamétricas y alturas métricas. Se trata de dunas eólicas (o) cuya estratificación cruzada indica desplazamientos hacia el oeste. Los afloramientos corresponden a cuerpos alargados que destacan algunos metros en el relieve y alineados en paralelo a la costa atlántica y a la dirección del viento dominante actual.

Se interpretan como facies costeras desarrolladas al retirarse la plataforma arrecifal de la Fm La Isabela (Fig. 4.1). En el conjunto superior predominan los depósitos dunares, en tanto que en el conjunto inferior son las facies de playas las dominantes, con desarrollo de dunas menores que las anteriores, esbozándose un modelo sedimentario similar al de la costa no rocosa actual (Braga, 2010).

En cuanto a su edad, queda acotada por la del techo del nivel más alto de la Fm La Isabela (m), siendo probable que el conjunto superior se depositase simultáneamente al nivel inferior de la Fm La Isabela (n), lo que sugiere su asignación al Pleistoceno Superior. Igualmente, la edad del conjunto inferior queda acotada por la del techo del nivel inferior de la Fm La Isabela (n), lo que la limita al Pleistoceno Superior, ya que su posición morfológica y grado de consolidación sugieren que su depósito tuvo lugar con anterioridad al Holoceno. No obstante, no debe descartarse que el nivel superior pueda pertenecer al Pleistoceno Medio.

4.5.3. Arenas y calcarenitas de grano fino. Duna fósil (r) Pleistoceno Superior-Holoceno

Constituyen un único afloramiento localizado en Punta Macao, promontorio constituido por arenas y calcarenitas de grano fino con estratificación de alto ángulo. Su potencia se sitúa en torno a 20 m. Su posición sobre el nivel más bajo de la Fm Isabela sugiere su correlación con el complejo litoral fósil inferior (p, q), habiéndose asignado en cualquier caso al Pleistoceno Superior-Holoceno por dicha posición estratigráfica.

4.5.4. Arenas. Cordón litoral (s). Holoceno

Constituyen una franja de orden decamétrico a hectométrico paralela a la línea de costa, consistente en acumulaciones de arenas finas a medias de hasta 6 m de altura,

aunque normalmente no superan 3 m. En su frente se instalan extensas playas arenosas, pero la escala de trabajo tan sólo ha permitido su diferenciación como formas lineales. Por su dinámica actual se asignan al Holoceno.

4.5.5. Limos negros. Laguna costera (t). Holoceno

Su génesis se debe al afloramiento del nivel freático sobre la superficie del terreno. La falta de cortes impide que se pueda precisar su composición, pudiendo señalarse tan sólo el predominio de lutitas negras con abundante vegetación hidrófila y fauna acuática.

4.5.6. Lutitas y arenas con vegetación abundante. Marisma baja, manglar (u). Holoceno

Son depósitos relacionados con los procesos mareales, de carácter eminentemente lutítico, con cierta proporción arenosa y un notable contenido de materia orgánica como consecuencia de su colonización por el manglar, para los que se estiman espesores de 3-5 m. Se han incluido en el Holoceno por su dinámica actual.

4.6. Formaciones originadas por meteorización química

4.6.1. Arcillas rojas. Argilizaciones (v). Plioceno-Holoceno

Las arcillas rojas resultantes de los procesos de argilización constituyen el producto de alteración más característico de la región, extendiéndose tanto por las zonas montañosas como por las llanuras. Se asocian tanto a los materiales volcano-sedimentarios y sedimentarios cretácicos, como a buena parte de los sedimentos cuaternarios, pero no a las rocas carbonatadas, afectadas por la karstificación. Son arcillas rojas de aspecto muy típico y homogéneo, originadas por destrucción completa de la roca original debido a la hidrólisis total de los silicatos, favorecida por un ambiente tropical. Su espesor es variable, pudiendo sobrepasar los 7 m, si bien en otros puntos de la región sólo poseen algunos decímetros.

En cuanto a su edad, si bien la argilización es un proceso activo hoy en día, su génesis debió iniciarse con la emersión de la región que, a juzgar por la paleogeografía sugerida para el depósito de la Fm Los Haitises, debió producirse en las proximidades del límite Plioceno-Cuaternario.

4.6.2. Arcillas rojas. Arcillas de descalcificación (x). Pleistoceno-Holoceno

Sus manifestaciones se restringen a los afloramientos de la Fm Los Haitises y al nivel superior de la Fm La Isabela, correspondiendo a arcillas rojas de aspecto masivo, producto de la descalcificación de los materiales calcáreos por acción de procesos kársticos. Su espesor varía considerablemente según los casos, pudiendo superar 3 m. Su edad está acotada por la del techo de la Fm Los Haitises, por lo que se enmarcan en el Pleistoceno-Holoceno.

4.7. Formaciones antrópicas

4.7.1. Desperdicios de diversa naturaleza. Escombrera, vertedero (y). Holoceno

Corresponden a restos de estériles de la construcción y de la actividad propia de la abundante población turística, acumulados en una de las canteras abandonadas en las proximidades de Macao.

5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

Si bien la morfología de la zona está influenciada por los procesos acaecidos a lo largo de la historia de la Cordillera Oriental, su fisonomía actual empieza a perfilarse durante el Plioceno, cuando la cordillera poseía una envergadura inferior a la actual, estando flanqueada al norte y al sur por las plataformas carbonatadas arrecifales que llegarían a convertirse en la región de Los Haitises y en la Llanura Costera del Caribe. En realidad, ambas plataformas se unirían hacia el este, rodeando las estribaciones de la cordillera Oriental, pero también hacia el oeste, al noreste de Bayaguana, por lo que esta cordillera constituiría en realidad una serie de islas e islotes (Díaz de Neira *et al.*, 2007). La evolución y la historia geomorfológica de la zona están condicionadas básicamente por la tendencia ascendente de dicha plataforma a lo largo del Cuaternario (Figs. 5.1 y 5.2).

Bajo esta configuración, la región asistiría al desarrollo de superficies de diversa índole. Por una parte, el depósito carbonatado de la plataforma pliocena dio lugar a una marcada superficie estructural; por otra, en el ámbito de la incipiente cordillera se generaría una superficie de erosión correlativa con aquélla, más difícil de identificar por la intensa erosión y meteorización que ha sufrido posteriormente.

La continuidad de la tendencia ascendente de La Española, evidenciada desde épocas precedentes, provocó la elevación de la plataforma durante el Pleistoceno Inferior. El consiguiente retroceso de la línea de costa iría acompañado de la migración de la plataforma arrecifal, entonces mucho más estrecha (Fm La Isabela), probablemente a partir del Pleistoceno Medio (Figs. 5.1b y 5.2b). En el ámbito de la cordillera, la red de drenaje esbozaría su geometría general, basada en cursos de pequeña longitud y carácter consecuente, que incrementarían su poder incisivo al ascender con respecto al nivel de base, desmantelando rápidamente la superficie de La Herradura en el ámbito de la Hoja, y depositando grandes volúmenes de sedimentos de carácter aluvial al salir de la cordillera. Posiblemente, con anterioridad a la jerarquización de la red ya habría dado comienzo un activo desarrollo de lateritizaciones y arenizaciones, estando éstas prácticamente ausentes en la Hoja.

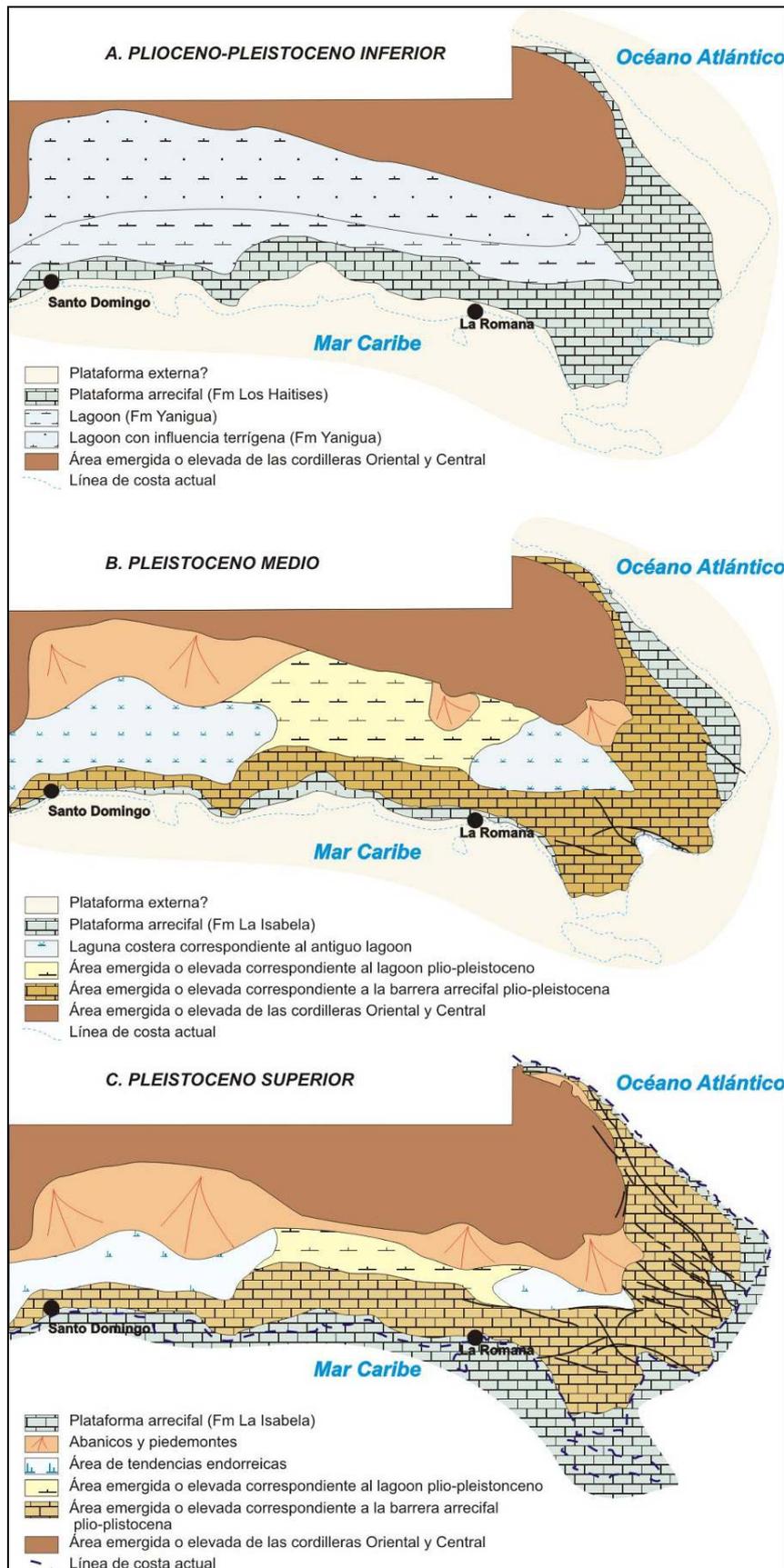


Fig. 5.1. Evolución paleogeográfica de la Llanura Costera del Caribe durante el Plioceno-Pleistoceno

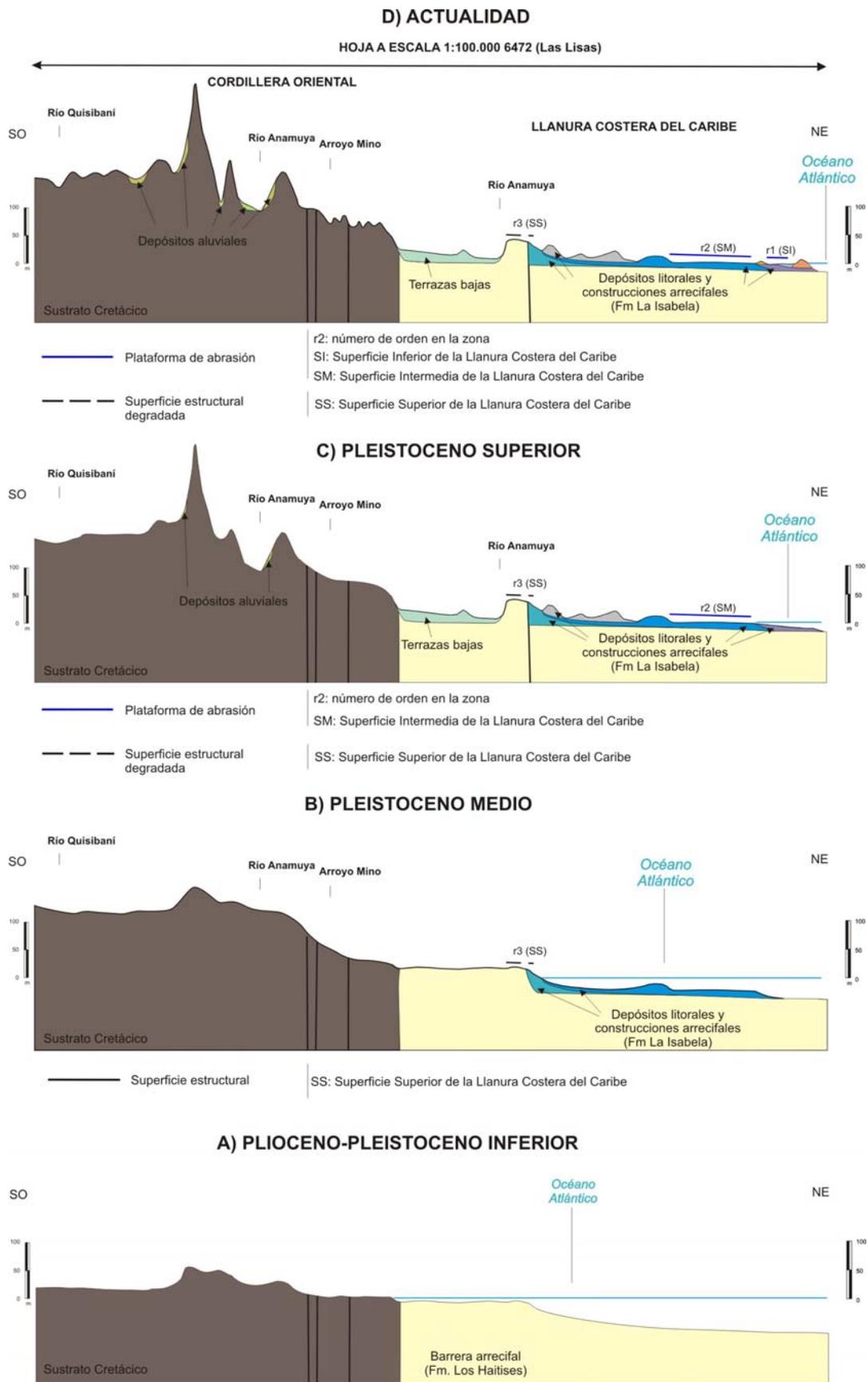


Fig. 5.2. Evolución del perfil de la Llanura Costera del Caribe durante el Plioceno-Pleistoceno.

En el extremo oriental de la Llanura Costera del Caribe, durante el Pleistoceno Superior la emersión de las plataformas correspondientes a la Fm La Isabela dio paso al desarrollo de extensos complejos litorales de playas y sistemas de dunas. Hacia el interior de las llanuras costeras, la tendencia ascendente de la Cordillera Oriental tuvo como consecuencia la formación de abanicos y piedemontes que tapizarían las llanuras costeras (Fig. 5.1c). En la cordillera, el encajamiento ha sido simultáneo con la continuación de la argilización de los materiales volcano-sedimentarios y sedimentarios cretácicos, así como con el retroceso de las vertientes y, por último, con los cambios de orientación de la red por adaptación a fracturas y contrastes litológicos.

La evolución holocena no parece haber modificado la tendencia previa, con una enérgica incisión de las zonas más elevadas y una importante actividad sedimentaria en las llanuras aluviales de los principales ríos. En las antiguas construcciones arrecifales, la principal actividad ha sido de tipo kárstico. En el litoral atlántico, la actividad deposicional ha dado lugar a un extenso cordón litoral a cuyo resguardo se han desarrollado lagunas, marismas y áreas pantanosas.

Como principales factores condicionantes de la futura evolución de la región, deben tenerse en cuenta: la tendencia ascendente de la misma, con el consiguiente retroceso de la línea de costa y el descenso progresivo del nivel de base; la erosión remontante y las posibles capturas derivadas de ella; la dinámica de la red de fracturación, desnivelando bloques y favoreciendo el desarrollo de nuevas vías de drenaje, la actividad gravitacional en los acantilados, actuales y fósiles; la tendencia a la colmatación de las lagunas y áreas pantanosas costeras; el retroceso de la actividad gravitacional de las vertientes; y los retoques producidos por los fenómenos kársticos.

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 es que bajo determinadas circunstancias son susceptibles de constituir riesgo geológico. Su cartografía supone, por tanto, un inventario de procesos geológicos funcionales, siendo preciso recordar el carácter generalmente imprevisible de buena parte de los fenómenos naturales, tanto en zonas muy activas como en zonas 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 presente 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 la cordillera, afectada por procesos erosivos y, al menos temporalmente, de inundación; los primeros son representables mediante el correspondiente símbolo de incisión lineal, pero la escala no permite una representación areal de los segundos.

Dentro de la Hoja de Las Lisas se observa una gran variedad en cuanto a la naturaleza de los procesos activos, reconociéndose diversos tipos de actividad: sísmica, tectónica, por procesos de erosión, de inundación y de sedimentación, asociada a litologías especiales y antrópica.

6.1. Actividad sísmica

La sismicidad es uno de los procesos activos más relevantes de La Española, como consecuencia de su situación en un contexto geodinámico de límite entre dos placas: Norteamericana y del Caribe. Actualmente existe consenso en el reconocimiento de las principales estructuras tectónicas de la isla y su relación con el desplazamiento

relativo entre las placas litosféricas citadas. No obstante, aunque los rasgos generales son conocidos, el estudio de detalle de la actividad sísmica en la República Dominicana tropieza con una cierta escasez de datos. Los registros históricos e instrumentales son pocos y no pueden considerarse definitivos.

El registro histórico se inicia con la llegada de los españoles en el siglo XV, lo que limita su ámbito a los últimos 500 años, a diferencia de otras zonas del planeta donde el registro histórico abarca un milenio (Europa, Oriente Medio) o excepcionalmente varios milenios (China). Por lo que respecta al registro instrumental, también tiene graves inconvenientes, pues la Red Sísmica de la República Dominicana fue establecida durante los trabajos del Programa SYSMIN (Prointec, 1999) y su registro es, por tanto, manifiestamente incompleto.

Por ello, los catálogos existentes más antiguos provienen, en su mayor parte, de agencias situadas fuera del territorio dominicano, por lo que sólo se han detectado los eventos con magnitudes lo suficiente grandes como para ser registradas por redes alejadas. La red sísmica de Puerto Rico ofrece una buena cobertura del territorio dominicano en cuanto a superficie, pero no así en cuanto a tiempo, ya que su registro se restringe al periodo posterior a 1985.

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

La Hoja de Las Lisas pone de manifiesto la necesidad de abordar los estudios sísmicos en relación con áreas de un orden de magnitud superior, ya que la distribución de epicentros en ella no evidencia el seguimiento de un patrón claro. En cualquier caso, una representación de escala regional refleja cómo dichos epicentros forman parte de dos alineaciones principales: E-O, relacionada con las fallas Septentrional y Meridional de Samaná; y NO-SE, ligada a la falla del Yabón (Fig. 5.1).

Los seísmos registrados son mayoritariamente profundos (70-202 km) e intermedio (25-60 km), con ocasionales de carácter somero (2-20 km) y no parecen correlacionarse con estructuras reflejadas superficialmente, aunque un pequeño grupo se sitúa cerca de la costa, en cuyo caso podrían asociarse con la actividad de la falla Meridional de Samaná. La magnitud del mayor evento catalogado es de 6,5 (1946),

formando parte de la sucesión de sismos desencadenados entre 1946 y 1953 en el sector nororiental de La Española (Fig. 5.2), sucesión que se ha relacionado con el proceso de subducción de la placa Norteamericana bajo la Caribeña (Dolan y Wald, 1998). En esta sucesión sísmica tuvo una participación notable la falla del Yabón, a la cual se asocian diversos eventos que alcanzaron magnitudes máximas de 7,0 y 8,1, confirmando así la actividad de esta importante estructura.

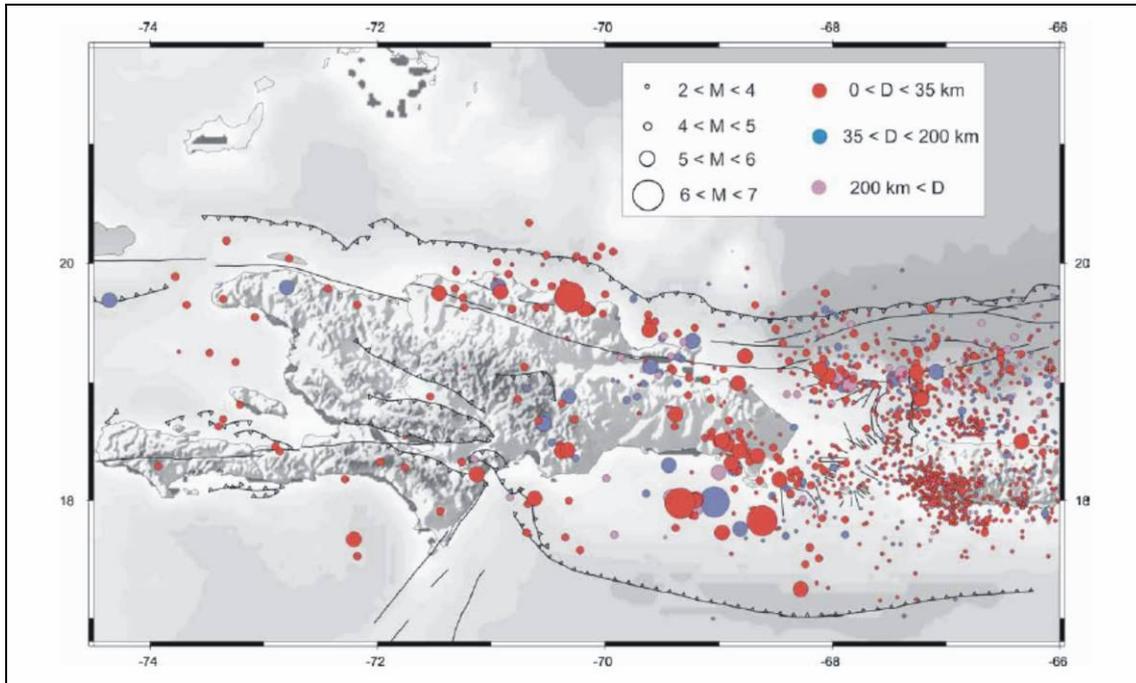


Fig. 6.1. Sismicidad instrumental de La Española (1972-2002). Catálogo NEIC-USGS (Calais, 2008)

6.1.1. Tsunamis

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

Los tsunamis difieren de otros peligros sísmicos en el hecho de que pueden causar daños serios a miles de kilómetros de las fallas detonantes. Una vez generados son prácticamente imperceptibles en el mar abierto, donde la altura de su superficie es inferior a un metro. Viajan a velocidades muy grandes, de hasta 900 km/h, y la distancia entre dos crestas de ola consecutivas puede alcanzar 500 km. A medida que las olas se acercan a aguas poco profundas, la velocidad del tsunami disminuye y su

energía se transforma en un aumento de la altura de la ola, que a veces supera 25 m; el intervalo de tiempo entre olas sucesivas permanece sin cambios, siendo generalmente de 20 a 40 minutos. Cuando los tsunamis se aproximan a la línea de costa, el mar suele retraerse a niveles inferiores a los de la marea baja, creciendo luego como una ola gigante.

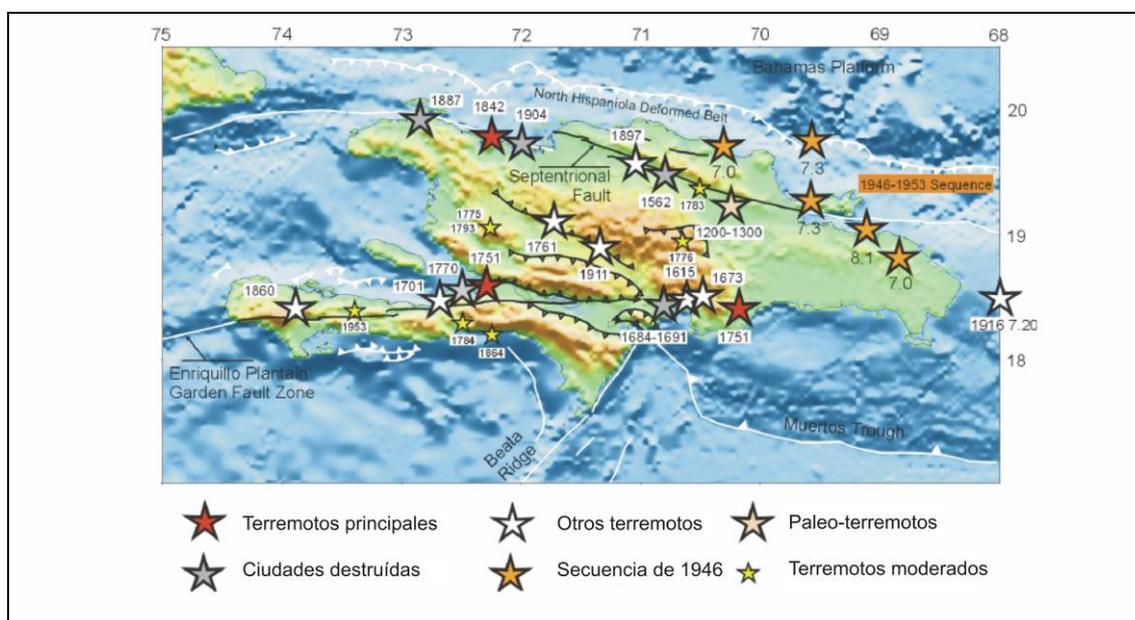


Fig. 6.2. Sismicidad histórica en La Española anterior a 1960 (Calais, 2008)

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

Las costas haitianas y dominicanas han sido afectadas por tsunamis en diversas ocasiones, por lo que el ámbito del litoral de las llanuras costeras del Caribe y de Miches debe considerarse susceptible de sufrir este tipo de fenómenos.

6.2. Tectónica activa

En una región donde la actividad tectónica es evidente, las formas originadas por ella son menos de las previsible, probablemente como consecuencia de la elevada velocidad de meteorización y de la densa cubierta vegetal, factores que sin duda

enmascaran rápidamente algunas de dichas formas, como los escarpes producidos por fallas.

No obstante, la vecina Hoja de El Seibo posee numerosos rasgos que confirman la actividad de la falla del Yabón. En general se aprecia una mayor actividad de las *fallas*, en algunos casos *supuestas*, de orientación NO-SE, que han dado lugar a *escarpes de falla*, en algunos casos *degradados*. También la red fluvial muestra los efectos de la tectónica activa, como se deduce de la presencia de *capturas e inflexiones bruscas de la red de drenaje*.

En la Llanura Costera del Caribe, se constata la tendencia ascendente y la consiguiente formación de terrazas marinas durante el Cuaternario. En su sector oriental, este tipo de actividad es más patente aún merced al conjunto de *fallas*, en algunos casos *supuestas*, que afectan a los materiales de las Fms. Los Haitises y La Isabela, que en algunos casos conservan su *escarpe*. No obstante, pese a las evidencias de una importante actividad sísmica en la región, cabe destacar que el conjunto de fallas señalado no parece afectar al nivel inferior de la Fm La Isabela, ni a los depósitos posteriores a él.

Pese a la precariedad de los datos cronológicos referidos a los materiales plio-cuaternarios de la región, es posible efectuar algunas aproximaciones a la tasa de elevación del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe (Fig. 4.2). Así, la terraza datada en 121 ± 9 ka (MIS 5e) por Schubert y Cowart (1982) entre Punta Caucedo y San Pedro de Macorís y que constituye la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe, alcanza allí 10 m de altitud máxima. Esta terraza mantiene sus cotas en el ámbito de la Hoja de Las Lisas (r_1), deduciéndose un levantamiento de 0,050-0,083 mm/año según se considere la altura a la que la muestra fue tomada (+6-7 m) o la máxima de la terraza, respectivamente (Braga, 2010).

En cualquier caso, el levantamiento es efectivo desde el cese del depósito de la Fm Los Haitises, es decir, al menos desde el Pleistoceno Inferior, pero la imprecisión sobre la edad de los carbonatos más recientes dentro de esta formación deja muy abiertas las estimaciones sobre tasas de levantamiento; no obstante, la altitud actual de sus calizas someras puede dar una idea de dichas tasas. En concreto, al oeste de Macao presentan altitudes de +40 m; considerando que el depósito de las calizas concluyó en el Pleistoceno Inferior (781 ka), la tasa de levantamiento sería de 0,051 mm/año y si por el contrario, se asume que las calizas dejaron de acumularse y empezaron a emerger al final del Plioceno Inferior (hace 3,5 millones de años), lo que

sería el otro extremo del impreciso intervalo de edad en que podemos acotar la formación, la tasa sería de 0,011 mm/año. En cualquier caso, esta tasa de elevación de 0,011-0,051 mm/año, correspondiente a un orden de magnitud similar a la calculada para la Fm La Isabela (0,050-0,083 mm/año), resulta sensiblemente inferior a la experimentada por la Fm Los Haitises en otros lugares de la isla, como la región de Los Haitises y la Cordillera Septentrional.

6.3. Actividad asociada a movimientos de laderas

Pese a su escaso reflejo cartográfico, se trata de una actividad muy extendida, especialmente en la cordillera. En ésta se manifiesta a través de los *coluviones* y *deslizamientos*, que en general afectan a pequeños volúmenes de material. En cuanto a las *caídas de bloques*, se restringen a los paleoacantilados ligados a los aterrazamientos marinos más destacados; se pueden observar bloques de orden métrico al pie de las superficies Intermedia y Superior de la Llanura Costera del Caribe.

6.4. Actividad asociada a procesos de erosión

Al igual que ocurre con el resto de los procesos, su distribución es muy irregular, alcanzando su máximo desarrollo en la zona montañosa, pues su acción es de baja intensidad en la llanura costera, donde se restringe a los modestos *acantilados* esculpidos en la Fm La Isabela.

La principal manifestación de los procesos de erosión viene dada por la *incisión lineal* asociada a la actividad fluvial y de los procesos de arroyada. En algunas zonas, la concentración de formas de carácter erosivo permite delimitar *áreas sometidas a una intensa erosión*, escasas y dispersas por la Hoja.

6.5. Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación

Es la actividad que se produce por 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, lacustre-endorreica, marino-litoral, eólica y en general, con cualquier tipo de proceso generador de áreas deprimidas susceptibles de ser inundadas o de recibir aportes sedimentarios.

Los procesos de inundación y sedimentación actúan de forma prácticamente continua sobre los *fondos de valle* y *canales* de los numerosos ríos y arroyos de la zona. Los *conos de deyección* y los *abanicos aluviales* poseen una funcionalidad menos predecible, lo que dificulta su tratamiento, pudiendo dar lugar a violentos depósitos de masas aluviales con una participación acuosa variable; aunque sus ápices coinciden sólo ocasionalmente con fallas activas, no debe descartarse que su funcionalidad pueda relacionarse con los procesos sísmicos, además de los climáticos. Pese a que se trata de procesos de escaso interés, es preciso resaltar la actividad relacionada con los *mantos de arroyada* (y *aluvial-columial*) por la gran extensión que adquieren en el sector meridional.

El régimen pluviométrico de la región hace que las *lagunas* y *áreas pantanosas* aparezcan como áreas inundables, si bien aquéllas pueden hacerlo de manera *intermitente* o estar rodeadas de *áreas sometidas a encharcamientos efímeros*.

Asociadas con la dinámica litoral actual se encuentran las *marismas bajas*, además de las *playas*, *canales de marea* y los *cordones litorales*. En relación con procesos de inundación en la franja costera, no deben olvidarse los potenciales efectos que podría ocasionar la ocurrencia de un tsunami, ni los más frecuentes debidos a la llegada de tormentas tropicales y huracanes; en este sentido, en la cartografía se ha representado el límite del *área especialmente sensible a la acción de huracanes* y que ocupa la franja litoral, adquiriendo su máxima anchura en el ámbito de las marismas y lagunas costeras.

También son susceptibles de aparecer como áreas inundadas tras lluvias intensas las numerosas depresiones de origen kárstico de los afloramientos calcáreos de las Fms. Los Haitises y La Isabela, especialmente en las depresiones revestidas por un importante depósito de arcillas de descalcificación.

6.6. Actividad asociada a litologías especiales

Su máxima expresión tiene lugar en relación con los procesos kársticos que afectan a diversos conjuntos carbonatados, como muestran los *lapiaces* desarrollados sobre las calizas de las Fms. Bejucal, Loma Peñón, Los Haitises y La Isabela. También se manifiesta mediante las *depresiones por disolución* correspondientes a dolinas y uvalas. De forma más genérica, es preciso tener en cuenta los potenciales colapsos que podrían generarse como consecuencia del desarrollo del endokarst, originando en su caso dolinas en superficie.

6.7. Actividad antrópica

Pese a la evidente e intensa actividad antrópica de algunas zonas de la Hoja, se consideran en este apartado únicamente aquellos procesos relacionados con modificaciones sustanciales del relieve, puestos de manifiesto especialmente por la importante acumulación de escombros y vertidos al sur de Macao.

7. BIBLIOGRAFÍA

- BOURDON, L. (1985).** La Cordillère Orientale Dominicaine (Hispaniola, Grandes Antillas); Un arc insulaire Cretacé polystructure. Tesis Doctoral. Universidad Pierre y Marie Curie, París, 203 pp.
- 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. (2008).** Risque Sismique en Haïti: Fondements Scientifiques et Nature du Risque. Conferencia de Puerto Príncipe.
- DE LA FUENTE, S. (1976).** Geografía Dominicana. Ed. Colegial Quisqueyana S.A., Instituto Americano del Libro y Santiago de la Fuente sj; Santo Domingo, 272 pp.
- DÍAZ DE NEIRA, J. A. (2004).** Mapa Geomorfológico de la Hoja a E. 1:100.000 nº 6372 (El Seibo) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Servicio Geológico Nacional (SGN), Santo Domingo.
- DÍAZ DE NEIRA, A., MARTÍN-SERRANO, A., ESCUER, J. (2007).** Evolución geomorfológica de la Cordillera Oriental Dominicana. Boletín Geológico y Minero, IGME, 118-2, 385-399.
- DÍAZ DEL OLMO, F., CÁMARA, R. (2003).** Karst tropical de colinas, tipología y evolución en el plio-cuaternario en República Dominicana. XI Reunión nacional de Cuaternario. Oviedo, 123-128.
- DOLAN, J.F., WALD, D.J. (1998).** The 1943-1953 north-central Caribbean earthquakes: Active tectonic setting, seismic hazards and implications for Caribbean-North America plate motions. En: DOLAN, J.F., MANN, P. (Eds.). Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Geological Society of America Special Paper, 326, 143-169.
- GEISTER, J. (1982).** Pleistocene reef terraces and coral environments at Santo Domingo and near Boca Chica, southern coast of the Dominican Republic. 9ª Conferencia Geológica del Caribe (Santo Domingo, 1980), 2, 689-703.
- GUERRA PEÑA, F. (1966).** Las Regiones Fisiográficas de la Isla de Santo Domingo. Unión Geográfica Internacional. Conferencia Regional Latinoamericana, III.

- IGME (2004).** Mapa Geomorfológico y de Procesos activos susceptibles de constituir Riesgo geológico a escala 1:100.000. Guía para su elaboración. (Inédito).
- LEA, D.W., MARTIN, P.A., PAK, D.K., SPERO, H.J. (2002).** Reconstruction a 350 ky history of sea-level using planktonic Mg/Ca and oxygen isotope records from a Cocos Ridge core. *Quaternary Science Reviews*, 283, 283–293.
- LEWIS, J.F. (1980).** Resume of the geology of Hispaniola. En: Field guide to the 9th Caribbean Geological Conference, Santo Domingo, Dominican Republic. Santo Domingo, República Dominicana, Ed. Amigo del Hogar, 5-31.
- LEWIS, J.F., DRAPER, G. (1990).** Geology and tectonic evolution of the northern Caribbean margin. En: DENG, G., CASE, J.E. (eds.). *The Geology of North America, Volume H, The Caribbean region*. Geological Society of America, Colorado, 77-140.
- MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F. (1991).** An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola. En MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (eds.). *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola*. Geological Society of America Special Paper, 262, 1-28.
- MARCANO, E., TAVARES, I. (1982).** Formación La Isabela, Pleistoceno temprano. *Publicaciones especiales Museo Nacional de Historia Natural*, 3, Santo Domingo, 30 pp.
- OBIOLS, A. y PERDOMO, R. (1966).** Atlas de información básica existente y lineamientos para la planificación del Desarrollo integral de la RD. Guatemala.
- PROINTEC (1999).** Prevención de Riesgos geológicos (Riesgo sísmico). Programa SYSMIN, Proyecto D. Servicio Geológico Nacional (SGN), Santo Domingo.
- SCHUBERT, C., COWART, J.B. (1982).** Terrazas marinas del pleistoceno a lo largo de la costa suroriental de la Rep. Dominicana: cronología preliminar. 9ª Conferencia Geológica del Caribe (Santo Domingo, 1980), 2, 681-688.
- SYSMIN K SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto K. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional (SGN), Santo Domingo.**
- VAUGHAN, T.W., COOKE, W., CONDIT, D.D., ROSS, C.P., WOODRING, W.P., CALKINS, F.C. (1921).** A Geological Reconaissance of the Dominican Republic. En: Editora de Santo Domingo. Colección de Cultura Dominicana de la Sociedad Dominicana de Bibliófilos, Santo Domingo, 18 (1983), 268 pp.