



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

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

ESCALA 1:100,000

SALCEDO

(6174)

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

La presente Hoja y Memoria forma parte del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, Proyecto 1B, financiado en consideración de donación por la Unión Europea a través del programa SYSMIN II de soporte al sector geológico-minero (Programa CRIS 190-604, ex No 9 ACP DO 006/01). Ha sido realizada en el periodo 2007-2010 por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA, con normas, dirección y supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN), habiendo participado los siguientes técnicos y especialistas:

CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

CARTOGRAFÍA DE PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

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

- Ing. Juan Carlos Gumiel (IGME)

DIRECTOR DEL PROYECTO

- Ing. Eusebio Lopera (IGME)

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE LA UNIÓN EUROPEA

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

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

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

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DEL Servicio Geológico Nacional (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	6
1.1.	Metodología	6
1.2.	Situación geográfica	9
1.3.	Marco geológico.....	12
1.4.	Antecedentes	17
2.	DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA.....	19
3.	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	26
3.1.	Estudio morfoestructural	26
3.1.1.	Formas estructurales	26
3.2.	Estudio del modelado	31
3.2.1.	Formas gravitacionales	32
3.2.2.	Formas fluviales y de escorrentía superficial	33
3.2.3.	Formas lacustres y endorreicas	37
3.2.4.	Formas marinas-litorales.....	38
3.2.5.	Formas originadas por meteorización química	42
3.2.6.	Formas poligénicas.....	44
3.2.7.	Formas antrópicas	45
4.	FORMACIONES SUPERFICIALES.....	47
4.1.	Formaciones gravitacionales	47
4.1.1.	Lutitas y bloques. Deslizamiento (a). Holoceno	47
4.1.2.	Bloques, cantos y lutitas. Coluvión (b). Holoceno	47
4.2.	Formaciones fluviales	48
4.2.1.	Lutitas, gravas y arenas. Abanicos aluviales (c). Pleistoceno Superior	48
4.2.2.	Gravas, arenas y lutitas. Terraza (d, e). Pleistoceno Superior	50
4.2.3.	Gravas, arenas y lutitas. Llanura de inundación (f). Holoceno	51
4.2.4.	Gravas, arenas y lutitas. Cauce o meandro abandonado (g). Holoceno	51
4.2.5.	Gravas, arenas y lutitas. Conos de deyección (h). Holoceno	52
4.2.6.	Gravas, arenas y lutitas. Fondo de valle (i). Holoceno	52
4.3.	Formaciones lacustres-endorreicas	52
4.3.1.	Lutitas. Área endorreica (j). Holoceno.....	52
4.3.2.	Lutitas. Área pantanosa (k). Holoceno	53
4.3.3.	Lutitas. Laguna (l). Holoceno	53

4.4.	Formaciones marinas-litorales	53
4.4.1.	Calizas arrecifales. Construcciones biogénicas (m, n, ñ, o, p, q). Pleistoceno	53
4.4.2.	Arenas blancas. Depósitos litorales (r). Pleistoceno Superior	57
4.4.3.	Lutitas. Llanura intermareal abandonada (s). Lutitas y arenas con vegetación abundante. Marisma baja (v). Pleistoceno-Holoceno	58
4.4.4.	Arenas. Cordón litoral degradado (t). Cordón litoral (u). Holoceno	59
4.5.	Formaciones originadas por meteorización química	60
4.5.1.	Arcillas rojas. Argilización (x). Mioceno Superior-Cuaternario	60
4.5.2.	Arcillas de descalcificación. Fondo de dolina o uvala (y). Pleistoceno- Holoceno	61
4.6.	Formaciones poligénicas	62
4.6.1.	Bloques, cantos y arcillas rojas. Piedemonte (w). Pleistoceno	62
4.7.	Formaciones antrópicas	62
4.7.1.	Relleno antrópico. Zona ganada al manglar (z). Holoceno	62
5.	EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA	63
6.	PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO	66
6.1.	Actividad sísmica	66
6.1.1.	Tsunamis	70
6.2.	Tectónica activa	71
6.3.	Actividad asociada a movimientos de laderas	73
6.4.	Actividad asociada a procesos de erosión	74
6.5.	Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación	75
6.6.	Actividad asociada a litologías especiales	78
6.7.	Actividad antrópica	79
7.	BIBLIOGRAFÍA	80

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 del denominado Proyecto 1B, bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG, cuya asistencia técnica corresponde a TYPESA) y la supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN).

Este Proyecto comprende varias zonas que junto con las ya abordadas con motivo de los proyectos previos (C, ejecutado en el periodo 1997-2000; K y L, ejecutados en el periodo 2002-2004), completan la mayor parte del territorio dominicano. El Proyecto 1B incluye, entre otros trabajos, la elaboración de 24 Hojas Geomorfológicas y otras tantas de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico, a escala 1:100.000, correspondientes a los siguientes cuadrantes (Fig. 1.1):

Zona Norte:

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

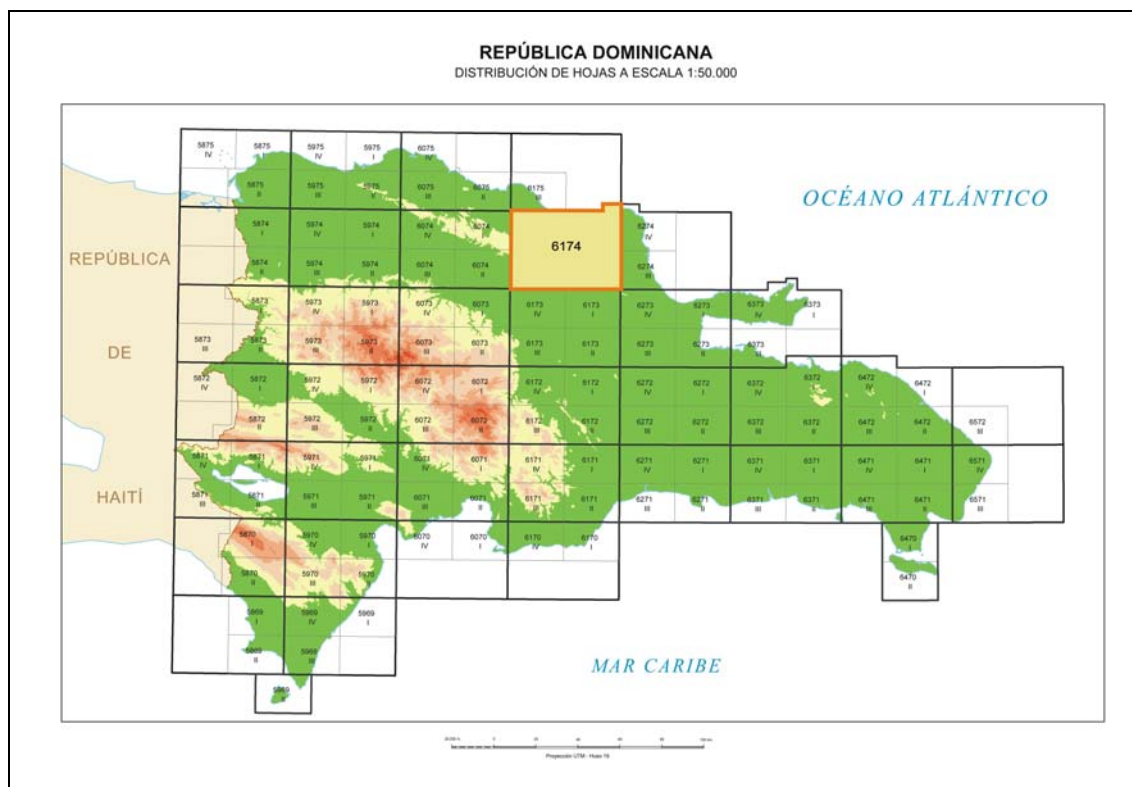


Fig.1.1. Distribución de Hojas a escala 1:100.000 de la República Dominicana y situación de la Hoja a escala 1:100.000 de Salcedo (6174)

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 (6170)

Zona Suroeste:

- Isla Beata (5868)
- Cabo Rojo (5869)
- Enriquillo (5969)

- Pedernales (5870)
- Barahona (5970)

Ya que cada Hoja forma parte de un contexto geológico más amplio, la ejecución de cada una de ellas se ha enriquecido mediante la información aportada por las de su entorno; por ello, a lo largo de la presente Memoria son frecuentes las referencias a la vecina Hoja a escala 1:100.000 de Nagua (6274).

Durante la realización de la Hoja Geomorfológica a escala 1:100.000 de Salcedo se ha utilizado la cartografía geológica a escala 1:50.000 elaborada durante el presente proyecto, además de la información disponible de diversa procedencia y las fotografías aéreas a escala 1:40.000 del Proyecto MARENA, 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 Salcedo (6174). Tras la presente introducción, en la que se abordan 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, entendiendo como tal la relación y explicación de las distintas formas de aquél, agrupadas en función del agente responsable de su origen (estructural, gravitacional, fluvial...), incidiendo en su geometría, tamaño y génesis.
- Estudio de las formaciones superficiales, es decir, de las formas acompañadas de depósito, haciendo hincapié en su litología, espesor y cronología, agrupadas igualmente en función de su agente responsable.
- Evolución e historia geomorfológica, contemplando el desarrollo del relieve en función del tiempo, tratando de explicar su génesis y evolución.
- Procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico, resultado de la potencial funcionalidad de diversos fenómenos geodinámicos, la mayoría testimoniados por diversas formas de la superficie terrestre.

Por otra parte, la memoria de las Hojas Geológicas a escala 1:50.000 del presente cuadrante (Río San Juan, 6174-I; Guayabito, 6174-II; Salcedo, 6174-III; Gaspar Hernández, 6174-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 Salcedo (6174) se encuentra situada en el sector septentrional de la República Dominicana, estando bañada por el océano Atlántico en el sector nororiental de su cuadrícula. Su superficie oriental pertenece a la provincia de María Trinidad Sánchez (municipios de Río San Juan y Nagua), en tanto que el meridional se incluye en las de Duarte (municipio de San Francisco de Macorís) y Salcedo (municipios de Tenares y Salcedo), y la provincia de Espaillat ocupa los sectores occidental y septentrional (municipios de Cayetano Germosén, Jamao Arriba

y Gaspar Hernández); también incluye una porción mínima de las provincias de Puerto Plata (municipio de Sosúa) y La Vega (municipio de La Vega) en sus extremos noroccidental y suroccidental, respectivamente. Forma parte de cuatro de los principales dominios morfoestructurales de La Española (Fig.1.2):

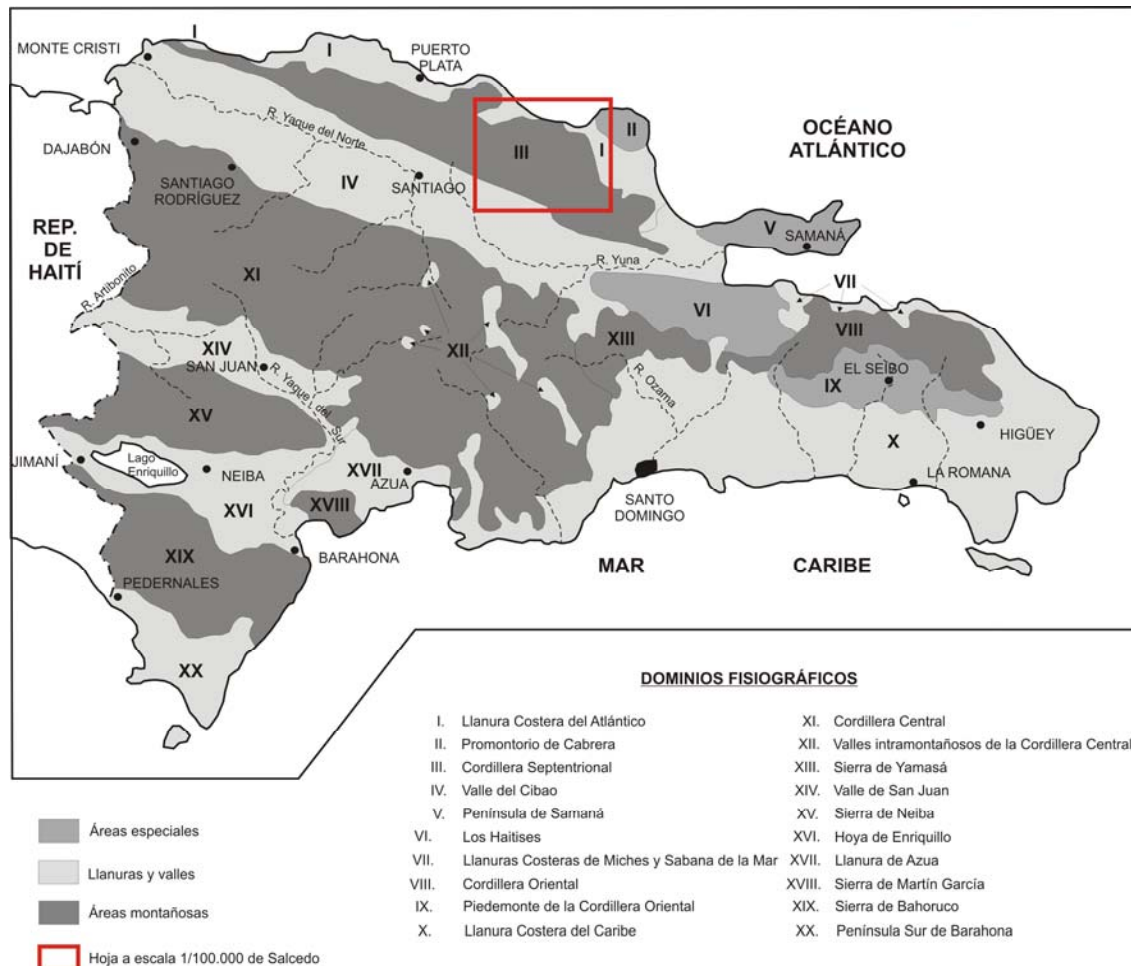


Fig.1.2. Dominios fisiográficos de la República Dominicana y situación de la Hoja a escala 1:100.000 de Salcedo (De la Fuente, 1976, modificado)

- Cordillera Septentrional. Es una alineación montañosa de dirección ESE-ONO que se extiende a lo largo de unos 200 km, entre Monte Cristi y Nagua, discurriendo en paralelo al litoral atlántico. Incluye subdominios de características netamente contrastadas, alcanzando su máxima altitud en el pico Diego de Ocampo (1.249 m). Debido al destacado carácter tectónico de su límite meridional, constituido por la falla Septentrional, muestra una marcada asimetría, con una vertiente sur estrecha, pero de elevadas pendientes, y una vertiente norte muy extensa, que presenta una pendiente regional baja (Fig. 1.3).



Fig.1.3. Modelo digital del terreno de los dominios representados en la Hoja a escala 1:100.000 de Salcedo (6274)

La presente Hoja se sitúa en el sector centro-oriental de la cordillera, donde la naturaleza y la estructura de sus materiales constituyentes permiten diferenciar dos áreas de morfoestructura diferente: la occidental, en la que afloran materiales recientes (terciarios), que a grandes rasgos se configuran como una cuesta suavemente inclinada hacia el NNE, profundamente disectada por la red fluvial y trastocada por fallas; y el oriental, constituido por materiales antiguos (cretácico-paleógenos) de naturaleza ígneo-metamórfica, cuya estructura confiere a la zona una fisonomía más propia de una cordillera, incluyendo estrechas alineaciones montañosas y albergando la máxima elevación de la Hoja, la loma de Quita Espuela (985 m), una de las principales elevaciones de la cordillera.

- Valle del Cibao. Es una notable depresión que se extiende a lo largo de 240 km, entre las bahías de Monte Cristi (O) y Samaná (E). Su límite norte, con la Cordillera Septentrional, posee carácter neto y rectilíneo, en tanto que su borde meridional, con la Cordillera Central, la sierra de Yamasá y la región de Los Haitises, es más sinuoso. En su sector central, perteneciente al ámbito de Santiago, se encuentra su máxima elevación (175 m), que actúa como divisoria entre dos de las principales cuencas fluviales del país, correspondientes a los ríos Yaque del Norte (O) y Yuna (E).

Ocupa el sector suroccidental de la Hoja, configurando una espectacular planicie que desciende muy suavemente desde el borde de la Cordillera Septentrional hacia el sur, hasta alcanzar cotas cercanas a 120 m.

- Promontorio de Cabrera. Se trata de un dominio moderadamente elevado caracterizado por una peculiar fisonomía, a modo de domo escalonado, que alcanza 445 m en la vecina Hoja de Nagua, cota ligeramente superior a los 382 m de la presente Hoja. Domina el litoral atlántico, al norte y al este, y la Llanura Costera del Atlántico, al sur y al oeste. Está constituido por materiales calcáreos neógenos y cuaternarios intensamente karstificados, por lo que la red de drenaje posee un desarrollo mínimo. Su litoral muestra un marcado carácter acantilado.
- Llanura Costera del Atlántico. Es una extensa, estrecha e irregular franja del litoral atlántico, localizada al norte y al este de la Cordillera Septentrional, caracterizada por un variado conjunto de depósitos cuaternarios, entre los que predominan los de origen marino-litoral y fluvial. Ocupa la franja costera de la Hoja, así como una depresión del sector oriental que separa la Cordillera Septentrional y el Promontorio de Cabrera, individualizada como Llanura Costera de Nagua (De la Fuente, 1976); igualmente, las áreas relacionadas con la desembocadura de los ríos Yásica y San Juan han sido individualizadas como Valle del río Yásica y Llanura Costera del río San Juan. Su litoral posee carácter de costa baja, con desarrollo de manglares, cordones y playas.

1.3. Marco geológico

En la Hoja de Salcedo se reconocen cuatro dominios morfoestructurales, coincidentes con los dominios fisiográficos señalados: Cordillera Septentrional, Cuenca del Cibao, Promontorio de Cabrera y Llanura Costera del Atlántico (Fig. 1.4).

La **Cordillera Septentrional** conforma, junto con la Península de Samaná, un dominio geológico bien diferenciado del resto de La Española, al concurrir en él procesos directamente relacionados con la evolución del límite entre las placas Caribeña y Norteamericana. El borde meridional de la cordillera está definido por la falla Septentrional, accidente geodinámico de primer orden que la pone en contacto con los depósitos cuaternarios de la Cuenca del Cibao.

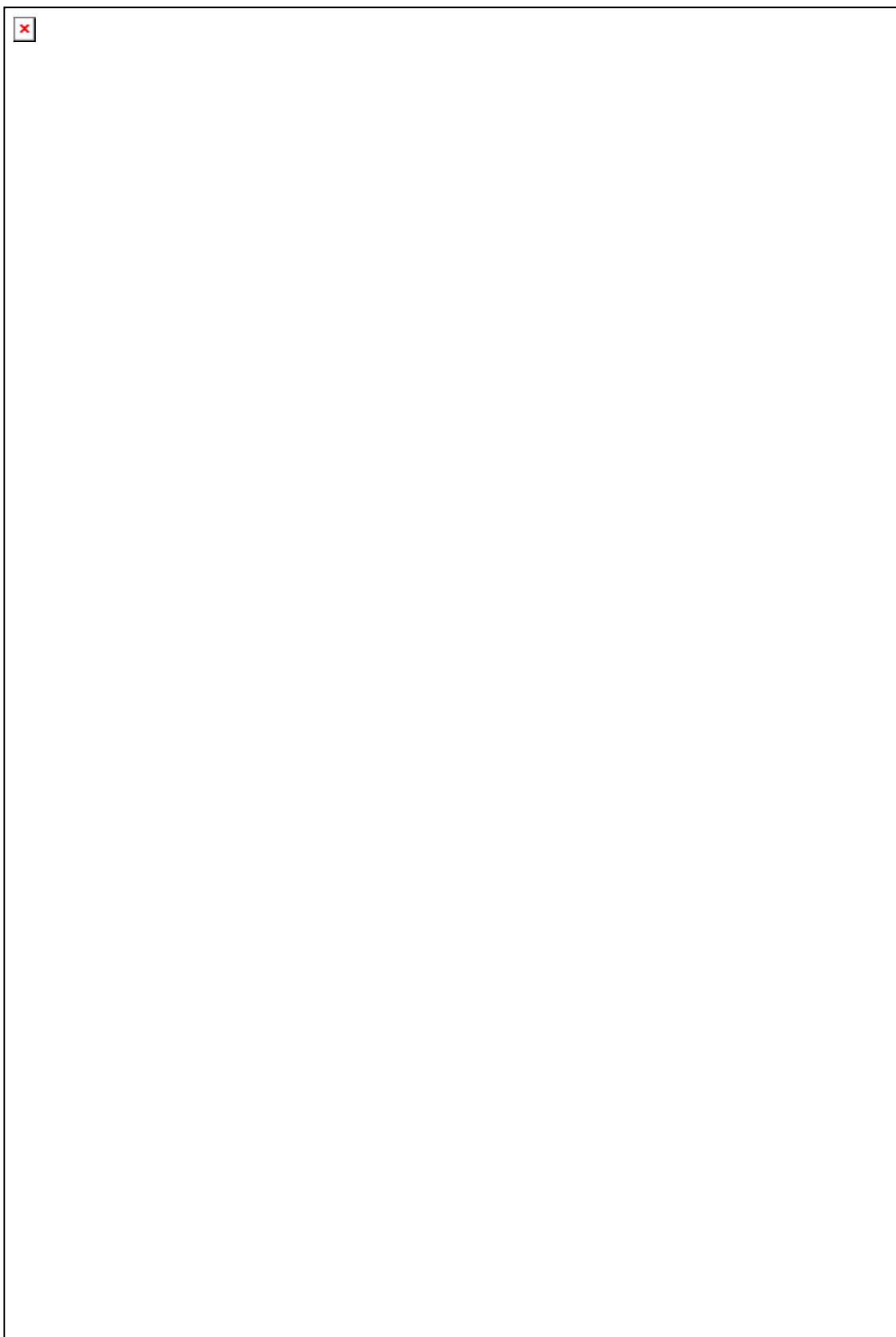


Fig.1.4. Esquema geológico del sector oriental de la Cordillera Septentrional

Dentro de la cordillera se reconocen tres conjuntos de rocas de origen muy diferente:

- Complejos de rocas metamórficas de alta presión, rocas ultrabásicas (generalmente asociadas a mélanges) y neises de diversa naturaleza, que forman parte del complejo colisional relacionado con la convergencia entre el arco volcánico caribeño y el continente americano; se reconocen principalmente en la parte norte del dominio y están representados por los complejos de Puerto Plata, Río San Juan y Samaná.
- Pequeños afloramientos de rocas volcánicas y volcano-derivadas de edad cretácica a paleocena, integrantes del edificio del arco isla de la República Dominicana; se reconocen en la parte meridional, siempre al sur de la falla del Camú y están representados por los complejos de El Cacheal, El Paradero y Pedro García.
- Rocas cenozoicas, constituidas por potentes sucesiones sedimentarias, mayoritariamente de origen marino, que registran la historia geológica de la región desde la colisión del arco volcánico con el continente americano, hasta nuestros días; se disponen discordantemente sobre los complejos de basamento anteriormente mencionados, que ejercen un cierto control paleogeográfico sobre ellas hasta el Mioceno Medio, a partir del cual poseen unas características más o menos uniformes a lo largo de toda la cordillera.

Buena parte de la estructuración previa al Mioceno Superior, en la que los complejos ígneo-metamórficos coinciden con estructuras anticlinoriales más o menos apretadas entre las que se disponen potentes series turbidíticas paleógenas, configurando sinclinatorios, queda fosilizada por los materiales margoso-calizos de las Fms. Villa Trina y Los Haitises. Éstos se distribuyen ampliamente por la cordillera y constituyen los mejores indicadores de la deformación reciente, mostrando a grandes rasgos un basculamiento general hacia el norte debido a la componente de salto vertical de la falla Septentrional, de forma que el techo de la segunda formación configura una gran cuesta, intensamente meteorizada y dislocada por fallas de menor entidad.

Pese a que a finales del Terciario la cordillera habría adquirido en buena medida su estructuración actual, aún no habría alcanzado su fisonomía de gran cordillera, estando reducida a una serie de isleos que sobresaldrían en una extensa cuenca marina en la que se depositó la Fm Villa Trina; la progresiva emersión de la región, favorecida por la actividad de la falla Septentrional, provocó el paso de los ambientes de talud-cuenca a los de plataforma carbonatada arrecifal de la Fm Los Haitises y finalmente, el retroceso de los complejos arrecifales hasta su posición actual.

Los sedimentos cuaternarios están ampliamente distribuidos por la cordillera, destacando los extensos depósitos fluviales asociados a los principales ríos, los gravitacionales ligados a pronunciados desniveles y los kársticos relacionados con los restos de las plataformas carbonatadas plio-cuaternarias. Junto a ellos cabe señalar la relevancia que adquieren las argilizaciones por alteración del basamento ígneo-metamórfico.

En la Hoja de Salcedo se encuentran representados los principales grupos de materiales que integran la Cordillera Septentrional:

- Rocas ígneas y metamórficas relacionadas con procesos de subducción del arco isla caribeño durante el Cretácico. Constituyen el macizo de Río San Juan y se encuentran afectadas por la tectónica terciaria de desgarres. Comprenden los siguientes conjuntos: Peridotitas serpentinizadas de Gaspar Hernández, Mélange serpentinitica de Jagua Clara, Esquistos de Hicotea, Unidad de El Morrito, constituida por los Esquistos de Puerca Gorda y El Guineal, y Batolito del río Boba, integrado por diversos cuerpos de naturaleza básica, fundamentalmente.
- Rocas sedimentarias de ambientes marinos, discordantes sobre el conjunto anterior, estructuradas junto con él en base a pliegues y desgarres de orientación ENE-OSO. Las más antiguas son un conjunto heterogéneo de brechas, cineritas, lutitas, areniscas y calizas pertenecientes a la Fm Imbert (Paleoceno-Eoceno), en tanto que las más recientes corresponden a potentes sucesiones turbidíticas (Eoceno Superior-Mioceno Inferior) de las Fms. La Toca y Las Lavas (Mb La Pocilguita).
- Rocas sedimentarias posteriores a la estructuración principal de la cordillera. Su base corresponde a los Conglomerados de La Piragua (Mioceno), de origen continental, que se disponen discordantes a modo de orla del macizo de Río San Juan. Sobre ellos aparece un extenso conjunto de origen marino integrado por la potente sucesión turbidítica de la Fm Villa Trina (Mioceno Medio-Plioceno Inferior), que evoluciona en la vertical a las calizas de plataforma de la Fm Los Haitises (Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior).
- Depósitos cuaternarios distribuidos por toda la zona, de entre los que destacan los de origen fluvial, gravitacional y kárstico.

La **Cuenca del Cibao** está rellena por una potente sucesión sedimentaria de origen marino depositada en el intervalo Oligoceno-Plioceno, que podría superar los 4.000 m de espesor en su sector central. A finales del Terciario constituía un corredor marino dispuesto entre las cordilleras Septentrional y Central, ascendiendo progresivamente hasta su emersión total. La mayor parte de la cuenca queda oculta por los depósitos cuaternarios, cuya distribución guarda una asimetría ligada a la de sus límites geográficos. Así, el borde septentrional, de carácter rectilíneo debido a la actividad de la falla Septentrional, manifiesta un alto dinamismo reflejado mediante una orla continua de abanicos aluviales y piedemontes, con frecuencia afectados por fallas activas. Por el contrario, la sinuosidad del borde meridional refleja su inactividad y su retroceso debido a la acción erosiva de los principales cursos fluviales.

En el ámbito de la Hoja, la sucesión de relleno de la cuenca queda totalmente oculta por el dispositivo de abanicos aluviales procedentes del borde de la cordillera. Éste, constituido por la falla Septentrional, se desdobra en una serie de desgarres paralelos, de los que el que limita la cordillera y la cuenca es inactivo actualmente, al igual que los localizados al norte; por el contrario, la falla de Jacagua, dispuesta 1 km al sur, aparece claramente como un accidente activo, como denota su influencia sobre la geometría de la red de drenaje.

A nivel geológico, el **Promontorio de Cabrera** puede considerarse parte de la Cordillera Septentrional, si bien refleja como ningún otro dominio insular la progresiva elevación y emersión seguidas durante el Plioceno-Cuaternario. A diferencia de otros sectores, el ascenso preferente del centro del promontorio ha dado lugar a una secuencia de más de una decena de plataformas de abrasión concéntricas, esculpidas sobre las Fms. Los Haitises (las más elevadas) y La Isabela (las más bajas). Debido a su composición calcárea, han adquirido una notable representación los depósitos de origen kárstico.

Por lo que respecta a la **Llanura Costera del Atlántico**, está constituida por un variado conjunto de sedimentos, siendo los más característicos los cordones, las marismas y las áreas pantanosas. En el caso de la Llanura Costera de Nagua, poseen una destacada representación sus extensos abanicos aluviales, en tanto que en el caso del Valle del río Yásica el predominio corresponde a los depósitos fluviales relacionados con el curso bajo del citado río.

1.4. Antecedentes

Al igual que en el resto del territorio dominicano, son prácticamente inexistentes las referencias bibliográficas de índole geomorfológica que afectan a la Hoja de Salcedo, 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 realizó una división en provincias fisiográficas, incluyéndose la Hoja en sus dominios de la Cordillera Septentrional y el Valle del Cibao.

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 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 las zonas Valle del Cibao y Cordillera Septentrional-Península de Samaná. Desde un punto de vista geodinámico, la Hoja comprende parte de los terrenos de Altamira y Puerto Plata-Pedro García-Río San Juan, de Mann *et al.* (1991), separados por la falla del Río Grande; por lo que respecta al territorio correspondiente al Valle del Cibao, dispuesto al sur de la falla Septentrional, podría incluirse en los terrenos de Altamira, Tortuga-Amina-Maimón o Seibo.

Para el estudio del sector septentrional de La Española, en el cual se encuadra la Hoja, resulta de notable interés en relación con diversas disciplinas el volumen monográfico de Dolan y Mann (1998). En él, cabe destacar el trabajo de Dolan *et al.*, en el que se abordan aspectos relativos a la topografía y estructura de la cuenca marina de La Española situada al norte del litoral atlántico, realizándose además

diversas aportaciones relativas al Promontorio de Cabrera. Posee especial interés en relación con la falla Septentrional la minuciosa descripción de Mann *et al.*, en la que se aportan numerosos datos de su trazado en la Hoja. También es preciso señalar el trabajo de Dolan y Wald, relativo a la actividad sísmica reciente en la región.

Dentro de la escasez de trabajos puramente geomorfológicos en La Española, cabe mencionar los diversos aspectos abordados en relación con el modelado kárstico de la región de Los Haitises por Díaz del Olmo y Cámara (2003), ya que dicho modelado guarda grandes similitudes con el desarrollado sobre la formación del mismo nombre en la Hoja.

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

Debido a la importancia de las formaciones arrecifales plio-cuaternarias en la Hoja, ha sido de gran interés para la elaboración de la Hoja 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 Salcedo.

2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La fisiografía de la Hoja a escala 1:100.000 de Salcedo queda definida por la presencia de cuatro dominios morfoestructurales con personalidad propia, con el océano Atlántico bañando el sector nororiental (Fig. 2.1). La Cordillera Septentrional es el dominio más destacado, tanto por su elevación como por su extensión, constituyendo una barrera orográfica interpuesta entre el Valle del Cibao y el océano Atlántico; la Llanura Costera del Atlántico la bordea por el norte y el este, permitiendo individualizar el Promontorio de Cabrera.

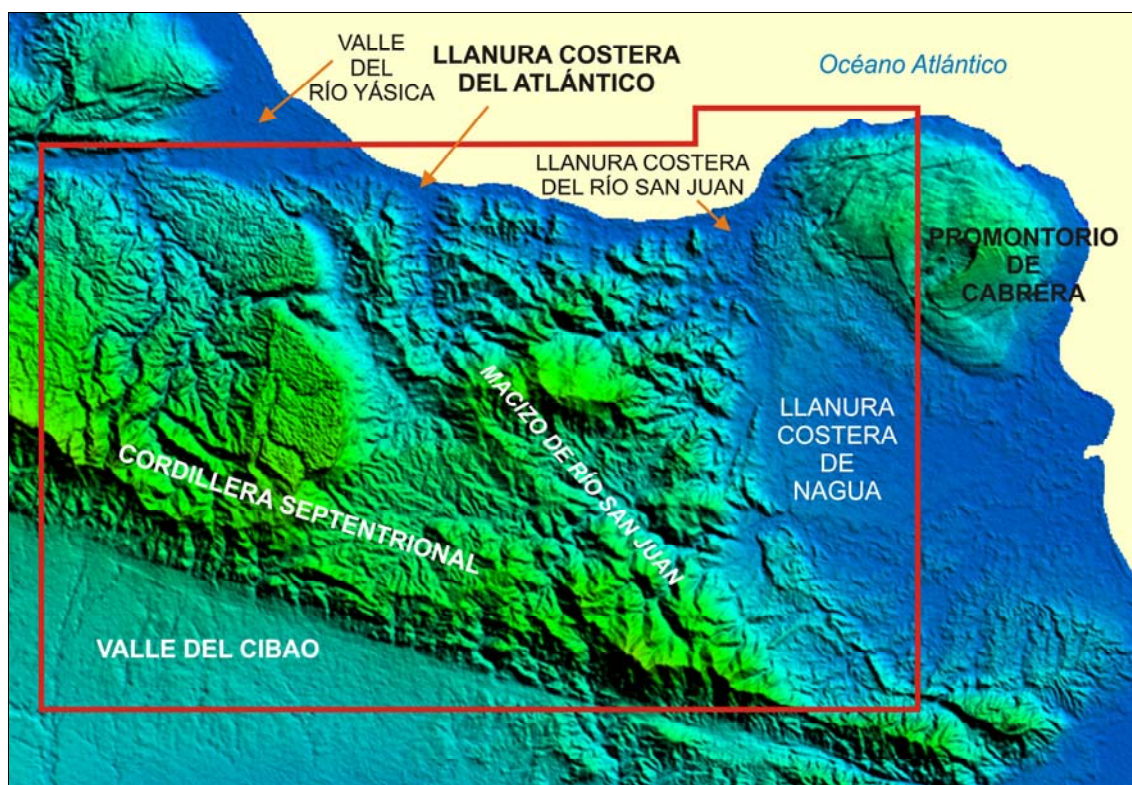


Fig. 2.1. Modelo digital del terreno de la Hoja a escala 1:100.000 de Salcedo

En el ámbito de la Hoja, la **Cordillera Septentrional** está limitada netamente al sur por la falla Septentrional, que la separa del Valle del Cibao (Foto 2.1), en tanto que el litoral atlántico la limita por el norte. Aunque desde algunas perspectivas tiene una línea de horizonte bastante uniforme, en detalle su relieve presenta numerosas irregularidades, distinguiéndose diversas alineaciones montañosas de orden menor, entre ellas el macizo de Río San Juan, que con dirección NO-SE ocupa buena parte de la mitad oriental de la Hoja.



Foto. 2.1. Contraste entre la planicie del Valle del Cibao y los relieves de la Cordillera Septentrional, separados por la Falla Septentrional

El macizo de Río San Juan posee una fisonomía típica de sistema montañoso (Fig. 2.2; Foto 2.2), con diversas alineaciones estrechas de orientación próxima a ESE-OSO, entre las que discurre el río Boba, que atraviesa el macizo de oeste a este; destaca la alineación meridional, que alcanza 985 m en la loma de Quita Espuela. Las abundantes precipitaciones registradas en la región y la extensión alcanzada por los materiales de baja permeabilidad que integran sus afloramientos, han favorecido el desarrollo de una densa y activa red de drenaje.

La fisonomía del sector occidental de la Hoja difiere sensiblemente, presentando una morfoestructura más atípica en un sistema montañoso, a modo de plataforma basculada hacia el NNE (Foto 2.3), y profundamente incidida por la red fluvial. Muestra una marcada asimetría, con una vertiente meridional estrecha y abrupta, en contraposición con la vertiente septentrional, extensa y de baja pendiente, lo que se traduce en un diferente régimen fluvial. Sus máximas elevaciones se concentran al sur, alcanzando 967 m en la loma El Mogote, que se alza bruscamente sobre el **Valle del Cibao**, que configura una espectacular planicie, a modo de piedemonte, que

desciende muy suavemente desde el borde de la cordillera hacia el sur, hasta cotas cercanas a 120 m.

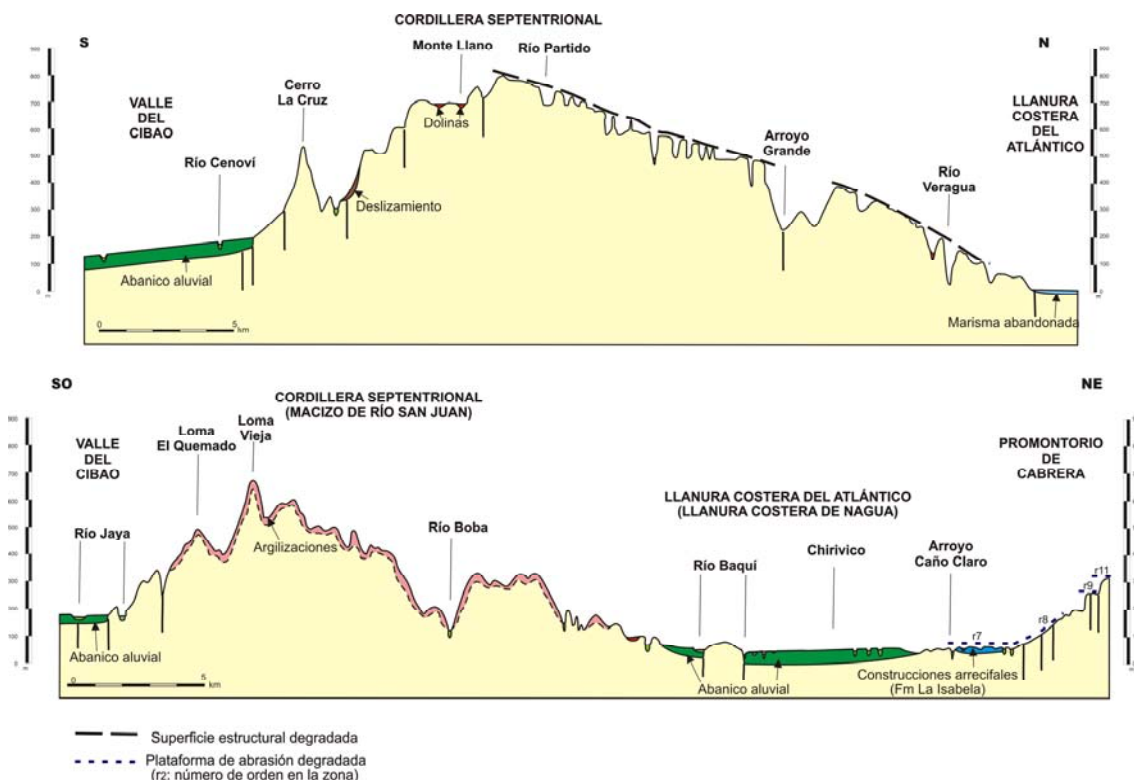


Fig. 2.2. Perfiles esquemáticos de la Hoja a escala 1:100.000 de Salcedo

La **Llanura Costera del Atlántico** (Foto 2.4) presenta en el sector oriental de la Hoja una anchura inusual, que le confiere una personalidad propia, permitiendo su caracterización como un subdominio denominado Llanura Costera de Nagua (De la Fuente, 1976), que individualiza al norte el Promontorio de Cabrera. Su aspecto es el de una planicie que desciende imperceptiblemente hacia el litoral desde cotas ligeramente superiores a 50 m. Igualmente, las peculiaridades del extremo noroccidental de la Hoja también han permitido su individualización como Valle del río Yásica, en este caso merced al variado conjunto de depósitos ligados a dicho río; otro tanto puede decirse de la Llanura Costera del río San Juan, si bien su entidad es sensiblemente inferior.

Por lo que respecta al **Promontorio de Cabrera**, constituye un dominio muy peculiar, a modo de domo con su núcleo desmochado y profundamente incidido. Sus vertientes se caracterizan por la existencia de 11 superficies escalonadas correspondientes a plataformas de abrasión o aterrazamientos marinos; la envergadura de los escalonamientos es muy variable, sobrepasando en algunos casos los 50 m de

desnivel (Foto 2.5). Alcanza 445 m en el vértice Siseviere, si bien su altitud en la Hoja se restringe a 382 m, en Jobo Dulce. Debido a la naturaleza calcárea de las terrazas y a la karstificación desarrollada sobre ellas, el drenaje se resuelve por infiltración, siendo mínimo el número de arroyos. Su litoral posee carácter acantilado, observándose una ligera disminución de su altitud desde el este, donde sobrepasa +20 m, hacia el oeste, donde no llega a +10 m; intercala playas o caletones de pequeña envergadura, de entre las que destaca Playa Grande.



Foto. 2.2. Al fondo, macizo de Río San Juan, visto desde la Llanura Costera de Nagua

Los principales rasgos geomorfológicos de la Hoja son: el carácter montañoso típico del macizo de Río San Juan; la morfoestructura de plataforma basculada hacia el norte de la Cordillera Septentrional al oeste del macizo de Río San Juan; los aterrazamientos marinos del Promontorio de Cabrera, derivados de la tendencia regresiva durante el Cuaternario; la degradación por meteorización química de los afloramientos calcáreos de las Fms. Los Haitises y La Isabela; el límite neto, de carácter estructural y tectónicamente activo, entre la Cordillera Septentrional y el Valle del Cibao, constituido por la falla Septentrional; la extensión de los depósitos fluviales de los ríos Boba, Baquí, Río San Juan, Cenoví, Yásica, y su afluente Jamao, dentro de la densa red de drenaje, especialmente en el ámbito montañoso; y la progresiva ganancia de terreno al mar por la tendencia ascendente de la región, materializada en la franja costera por el levantamiento y abandono de las marismas, ganancia reforzada

mediante el desarrollo de cordones litorales que aíslan lagunas costeras, posteriormente convertidas en áreas pantanosas y lagunas colmatadas.



Foto. 2.3. Típica morfoestructura del sector occidental de la Cordillera Septentrional en la Hoja, a modo de superficie suavemente basculada hacia el NNE

La elevada pluviometría de la región se traduce de forma diferente en cada dominio. Así, en el Promontorio de Cabrera son contados los arroyos existentes, que muestran una disposición centrífuga, en contraste con la Cordillera Septentrional, donde son innumerables los ríos y arroyos existentes, de orientaciones y características sensiblemente diferentes. En el Valle del Cibao, la tendencia de los elementos de la red de drenaje es mucho más uniforme, con trayectorias generalizadas que descienden desde el borde montañoso hacia el sur. Por lo que respecta a la Llanura Costera del Atlántico, sus bajas pendientes favorecen trayectorias sinuosas en los cursos que llegan a ella, así como la existencia de áreas con clara tendencia al encharcamiento.

La región posee un típico clima tropical (De la Fuente, 1976), suavizado por su carácter insular, con temperaturas medias de 25-28° C y precipitaciones medias muy variables, con valores de 1.200-1.500 mm/año en el Valle del Cibao, que se

incrementan hacia el norte, llegando a sobrepasar 2.100 mm/año en Gaspar Hernández, con valores mínimos de 550 mm/año en Salcedo y máximos superiores a 3.000 mm/año en el Promontorio de Cabrera. Es frecuente la llegada de tormentas tropicales y huracanes, especialmente concentrados entre septiembre y octubre, observándose variaciones estacionales ligeras, siendo algo más acusadas las diarias.



Foto. 2.4. Espectacular planicie constituida por la Llanura Costera del Atlántico al oeste de Gaspar Hernández

La vegetación en las zonas elevadas es de tipo muy húmedo subtropical, en tanto que en las zonas bajas es húmedo subtropical, observándose en ellas extensos cultivos, especialmente en el Valle del Cibao.

Su población está muy desigualmente repartida, concentrándose en la franja costera, donde destacan los núcleos de población de Gaspar Hernández y Río San Juan, y especialmente, en el Valle del Cibao, cuyas poblaciones principales son Salcedo y Tenares, si bien sus sectores meridional y occidental se encuentran bajo la influencia de San Francisco de Macorís y Moca, respectivamente. En las áreas montañosas existe una baja densidad de población, concentrándose sus habitantes a lo largo de las escasas carreteras que las transitan.



Foto. 2.5. Al fondo, Promontorio de Cabrera, a modo de domo escalonado por plataformas de abrasión, alzándose sobre la Llanura Costera del Río San Juan

La actividad de la población es muy variada, destacando las labores agrícolas y, en menor medida, ganaderas y de servicios, de las llanuras; aunque las dos primeras también se desarrollan en las áreas montañosas, lo son en una cuantía muy inferior. El ámbito de Río San Juan ha experimentado cierto desarrollo turístico, al que hay que añadir la tradicional actividad relacionada con la pesca.

La red de comunicaciones se basa en sendas carreteras que transitan a lo largo de la costa (Puerto Plata-Nagua) y del Valle del Cibao (San Francisco de Macorís-Moca), y en las carreteras que las unen (Moca-Sabaneta de Yásica y Gaspar Hernández-Tenares). Las comunicaciones en el resto de la zona se realizan a través de pistas, cuyo número disminuye sensiblemente en las áreas montañosas, donde existen zonas prácticamente inaccesibles.

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. Así, los materiales ígneo-metamórficos del macizo de Río San Juan y su cobertera paleógena se alinean a favor de estructuras de dirección NO-SE, configurando sucesiones de elevaciones y valles con dicha orientación. Por su parte, el techo de los materiales sedimentarios plio-pleistocenos de la Cordillera Septentrional conforma una superficie estructural incidida por una eficiente erosión fluvial y trastocada localmente por una fracturación cuyos efectos son la creación y desnivelación de bloques. Estos mismos materiales configuran en el Promontorio de Cabrera una sucesión de superficies escalonadas originadas por el retroceso marino. Tanto en el Valle del Cibao como en la Llanura Costera del Atlántico, el extenso y variado conjunto sedimentario aflorante oculta totalmente las estructuras del sustrato; en cualquier caso, el límite del valle con la cordillera tiene un marcado condicionante estructural, al estar configurado la falla Septentrional.

3.1.1. Formas estructurales

Se encuentran ampliamente distribuidas, principalmente por el ámbito de la Cordillera Septentrional y sus bordes. Las más destacadas son las *fallas con expresión morfológica*, que se manifiestan a través de la delimitación de las grandes unidades orográficas, así como en la distribución de algunos relieves menores y en la

orientación de numerosos elementos de la red de drenaje (Fig. 3.1). En ocasiones se encuentran bajo depósitos cuaternarios sin afectarlos y en otros, ciertos rasgos morfológicos parecen estar condicionados por ellas, sin que se tenga la total certeza de su existencia, habiéndose representado en ambos casos como *fallas supuestas*.

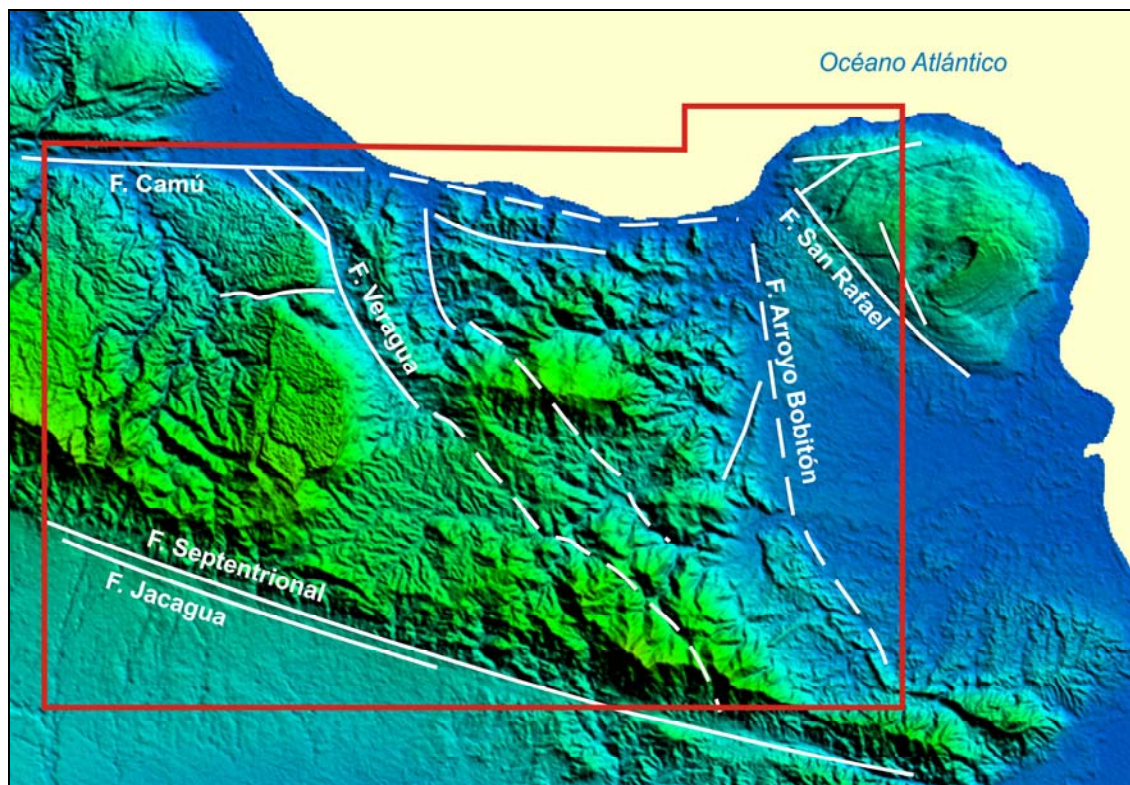


Fig.3.1. Principales fallas con expresión morfológica de la Hoja de Salcedo

En cualquier caso, la falla más relevante es la Septentrional, de orientación ONO-ESE. En realidad, se trata de un sistemas de varias *fallas en dirección* paralelas de carácter sinistro, de las que la principal limita la Cordillera Septentrional y el Valle del Cibao (Foto 2.1); pese a su carácter rectilíneo a escala regional, en detalle se observa cómo el frente muestra un retroceso incipiente debido a la acción erosiva de los numerosos cursos fluviales que abandonan la cordillera, indicando que la falla no es activa actualmente. Por el contrario, la clara adaptación de la red de drenaje a la falla de Jacagua, que discurre al sur de la principal a una distancia aproximada de 1 km, indica su actividad, confirmada por diversos estudios (Mann *et al.*, 1998). Otra marcada falla discurre a una distancia similar, pero al norte de la principal, manifestándose mediante un perceptible cambio de pendiente de la cordillera.

Debido a la componente vertical de los desgarres, los tres señalados poseen un marcado *escarpe de falla, degradado* en algunos segmentos de las dos fallas

inactivas. El más perceptible sobre el terreno es el que limita la cordillera, que puede sobrepasar 100 m de altura, especialmente por el notable contraste morfológico que ofrece el valle; no obstante, el escarpe de la falla de Jacagua posee una mayor continuidad, si bien su altura no sobrepasa 10 m (Foto 3.1); a diferencia de las dos fallas septentrionales, su labio levantado es el meridional.



Foto 3.1. Escarpe de la falla de Jacagua, por elevación del bloque meridional

Otra importante falla con evidente expresión morfológica es la del Camú, que discurre con dirección E-O a través del valle del río Yásica (Foto 3.2), delimitando al este del mismo un segmento del frente de la Cordillera Septentrional. El modelo digital del terreno pone de manifiesto otra destacada zona de falla en el valle del río Veragua; pese a su dirección NNO-SSE, podría constituir la prolongación de la falla del Camú. Son muy numerosas las fallas de menor entidad que condicionan la orientación de diversos tramos de la red de drenaje, predominando las de orientación ESE-OSO.

Con un menor reflejo morfológico, cabe destacar el sistema de fallas que limitan el sector oriental de la cordillera, de entre las que destaca la del Arroyo Bobitón, con una orientación meridiana que al sur gira suavemente a NO-SE; en su sector septentrional condicionan un corredor hundido dentro de los abanicos aluviales cuaternarios de la

Llanura Costera de Nagua, además de haber podido favorecer la salida del río San Juan hasta su desembocadura actual.



Foto 3.2. Clara expresión morfológica producida por la falla del Camú, por elevación del bloque septentrional, correspondiente al macizo de El Choco

En el Promontorio de Cabrera cabe destacar la falla de San Rafael, que con dirección NO-SE lo limita al sur, a diferencia del sector septentrional del promontorio, donde la fracturación posee una clara orientación ENE-OSO y NE-SO, puesta de manifiesto por la dislocación de las terrazas marinas.

La componente vertical de la falla Septentrional hace que en la mitad oriental la Cordillera aparezca como un bloque con *basculamiento* hacia el NNE. La Fm Los Haitises es el mejor marcador de esta morfoestructura, confirmada en los lugares donde muestra su *rumbo y buzamiento*, éste siempre con valores bajos. En conjunto, el Promontorio de Cabrera muestra un basculamiento hacia el SE, claramente perceptible en el sector suroriental (Hoja a escala 1:100.000 de Nagua), más acusado en las plataformas de abrasión más altas.

Las morfologías condicionadas por la distinta resistencia a la erosión ofrecida por los materiales aflorantes, o formas litoestructurales, se concentran en la cordillera, destacando los resaltes de *línea de capa con indicación del buzamiento*, acompañados frecuentemente por *escarpes* (Foto 3.3). Algunos de ellos son debidos a los niveles que resaltan dentro de la Fm La Toca y del Mb La Pocilguita, pero en su mayor parte reflejan el contraste entre las margas de la Fm Villa Trina, fácilmente erosionables, y los resistentes niveles de calizas intercalados en ella o constituyentes de la Fm Los Haitises; en éste caso, los escarpes calcáreos pueden alcanzar 100 m de desnivel. Por su extensión, cabe destacar la *superficie estructural degradada* configurada por el techo de la Fm Los Haitises (Fig. 3.4), que constituye el mejor marcador de la estructura superficial del sector occidental.



Foto 3.3. Escarpe estructural en las calizas de la Fm Los Haitises

Las rocas ígneo-metamórficas presentan un menor número de formas litoestructurales, pese a lo que se han reconocido *resaltes en capas subverticales* y *cerros cónicos*, correspondientes a cuerpos intrusivos ácidos incluidos en la Mélange serpentinitica de Jagua Clara.

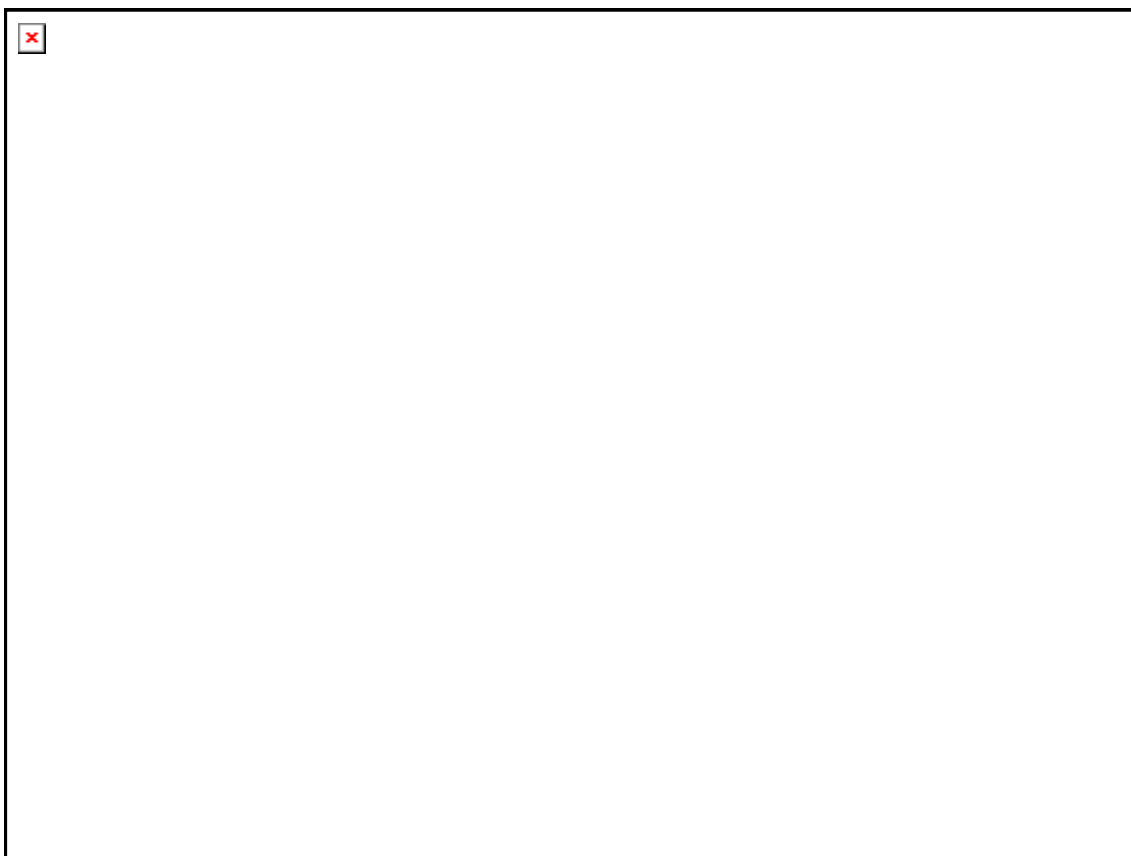


Foto 3.4. Superficie estructural degradada a techo de la Fm Los Haitises

3.2. Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Cordillera Septentrional, el Valle del Cibao, el Promontorio de Cabrera y la Llanura Costera del Atlántico, tiene como resultado una expresión morfológica sensiblemente diferente. Así, el modelado de la cordillera es el producto de una larga evolución presidida por los procesos sedimentarios y tectónicos acaecidos a lo largo de todo el Cenozoico, en tanto que en el promontorio es la acción de dichos procesos durante el Neógeno-Cuaternario la que ha dado lugar a su morfoestructura básica. Sobre los relieves positivos de ambos dominios han actuado a lo largo del Cuaternario, con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o al modelado de dichos relieves, destacando los de carácter marino-litoral, fluvial, gravitacional y por meteorización química.

Por lo que respecta al valle y a la llanura, son los procesos fluviales y marino-litorales, respectivamente, los condicionantes fundamentales de su aspecto actual, si bien en el ámbito de la Llanura Costera de Nagua la reciente dinámica fluvial ha borrado los vestigios de su pasado marino.

Además de los anteriores, también han participado en mayor o menor medida en la construcción del relieve actual los procesos poligénicos, lacustre-endorreicos y antrópicos.

3.2.1. Formas gravitacionales

Se trata de morfologías repartidas por las áreas montañosas principalmente. Pese a su destacada relevancia en determinadas áreas de la Cordillera Septentrional, cuyos bordes coinciden con frecuencia con *cambios bruscos de pendiente*, son menos abundantes de lo que cabría esperar en función de los elevados desniveles existentes; ello es debido a que la propia dinámica de retroceso de las vertientes provoca su permanente evolución, así como al rápido enmascaramiento de este tipo de formas por la vegetación.

Entre ellas se han reconocido *coluviones*, cuyo desarrollo no les confiere especial relevancia. Con mucho, las formas gravitacionales más destacadas son los *deslizamientos* (Foto 3.5), ampliamente desarrollados en relación con los afloramientos de la Fm Villa Trina, cuya plasticidad, unida a la elevada pluviometría de la región y a los importantes desniveles existentes, provocan la inestabilidad de grandes masas, en algunos casos superiores a 1 km²; su envergadura también queda reflejada por la longitud de sus cicatrices, que llega a alcanzar 3 km. Su desarrollo es especialmente evidente entre Blanco Arriba y Boba Arriba, no sólo por su extensión, sino por la inestabilidad que produce en la carretera Tenares-Gaspar Hernández, cuyo firme es distorsionado tras periodos de lluvias importantes. Mayores dimensiones adquieren las masas deslizadas en la vertiente meridional de las lomas El Mogote y Las Antenas, si bien en su mayor parte se incluyen en la vecina Hoja de Santiago (6074). En este caso, las distorsiones producidas en la carretera Moca-Sabaneta de Yásica son aún más evidentes, ya que a los factores desencadenantes señalados hay que añadir la presencia de la falla del Río Grande, así como la proximidad de la Zona de Falla Septentrional, de evidente actividad actualmente.

En relación con los desniveles más verticalizados, se producen *caídas de bloques*, de escala incluso decamétrica. Sus principales manifestaciones se asocian con los escarpes de la Fm Los Haitises, habiéndose observado también en los acantilados del Promontorio de Cabrera, tanto en los actuales como en los fósiles.



Foto 3.5. Masas deslizadas al sur de José Contreras

3.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial

Son las que adquieren una mayor representatividad, especialmente en el Valle del Cibao, donde configuran la totalidad de su superficie, y en la Llanura Costera de Nagua, donde prácticamente ocurre otro tanto. Por el contrario, su presencia es mínima en el Promontorio de Cabrera.

Los *fondos de valle* son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual. Se trata de formas estrechas coincidentes con el canal de estiaje, destacando entre ellos por su longitud los de los ríos Boba y Jamao, afluente del Yásica; junto a ellos es preciso señalar los correspondientes a los ríos Veragua, San Juan, Baquí, Cenoví y Bacuí, y al arroyo Jayabo. Los cursos más destacados poseen una *llanura de inundación* acorde con su envergadura, adquiriendo su máximo desarrollo al abandonar la cordillera, destacando el caso de los ríos Yásica (Foto 3.6) y Boba, en los que la llanura sobrepasa 1 km de anchura. Durante las épocas de crecidas importantes, su aspecto varía drásticamente, quedando toda la llanura anegada y determinando la geometría del cauce, considerando como tal el conjunto de

la llanura de inundación y el fondo de valle o canal. Por el contrario, en las épocas de estiaje se observan barras de gravas de dimensiones decamétricas.



Foto 3.6. Fondo de valle del río Yásica, discurriendo por su llanura de inundación al este de Los Brazos

Dentro de la llanura de inundación de los ríos Yásica y Boba existen numerosos *cauces* y *meandros abandonados*, que denotan una continua deriva aleatoria del cauce.

Los ríos principales también poseen *terrazas*, en general con *escarpes* marcados, que en la práctica totalidad de los casos se han considerado informalmente bajas, al disponerse a cotas inferiores a +15 m sobre el cauce actual; por su abundancia a lo largo de sus valles, destacan los niveles asociados a los ríos Boba (Foto 3.7) y Veragua. Tan sólo en la margen derecha del río Yásica y en la izquierda del Juan López se han hallado terrazas colgadas a cotas de +20-60 m, consideradas informalmente como terrazas medias.

En cualquier caso, las formas más extensas son los *abanicos aluviales*, que constituyen la mayor parte de la superficie del Valle del Cibao y de la Llanura Costera de Nagua. Se configuran como extensos piedemontes (Foto 3.8), a modo de orla de la

Cordillera Septentrional, incidido por los numerosos ríos y arroyos que parten de ésta. Además de estos grandes sistemas de abanicos coalescentes, se han identificado conos de deyección y pequeños abanicos en la salida de algunos cursos fluviales a la Llanura Costera del Atlántico, e incluso en el Promontorio de Cabrera, a favor de algunos de sus escasos arroyos.

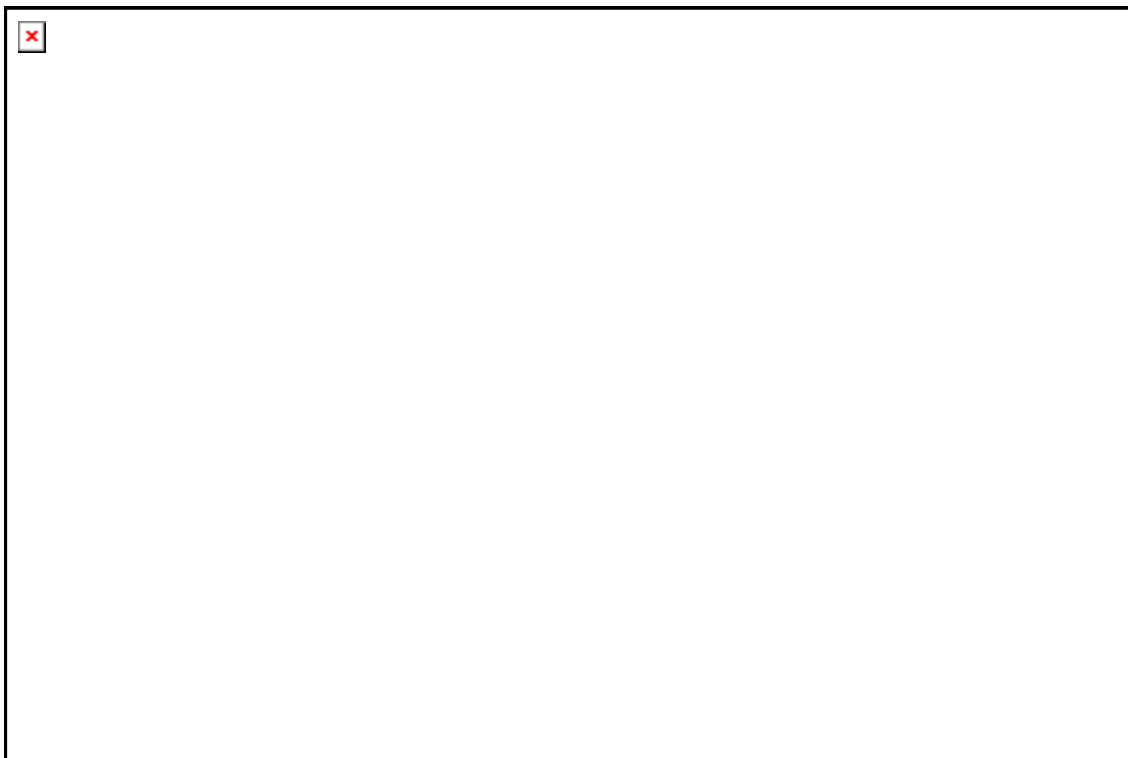


Foto 3.7. Río Boba encajado al oeste de Guayabito en su llanura de inundación, encajada a su vez en un nivel de terrazas bajas y éste, en un abanico aluvial

Las formas erosivas también son variadas, habiéndose reconocido *incisión lineal*, densamente desarrollada en la cordillera por sus múltiples ríos y arroyos, excepto en los afloramientos de la Fm Los Haitises; entre sus distintos elementos se han configurado *aristas en interfluvios*, que en algunas zonas poseen carácter de *arista o divisoria montañosa*, destacando la que individualiza los drenajes atlánticos de los cibaeños. La intensa erosión sobre las argilizaciones del macizo de Río San Juan ha propiciado la elaboración de *áreas acarcavadas*, a diferencia de lo observado sobre sustratos más resistentes a la erosión, donde la incisión ha esculpido *escarpes*, así como *gargantas y desfiladeros*, bastante extensos en el caso del río Boba.

Los desniveles asociados a cambios litológicos o a fallas dan lugar a *cambios bruscos de pendiente*, que provocan saltos de agua. La erosión remontante, favorecida en algunas zonas de fractura, ha dado lugar a *capturas*, entre las que cabe señalar las del

río Boba, que atraviesa de oeste a este el macizo de Río San Juan, y la hipotética del río San Juan, que con anterioridad habría drenado hacia la Llanura Costera de Nagua. El catálogo de formas erosivas fluviales se completa con la *erosión lateral del cauce* que afecta a los meandros de los principales ríos.



Foto 3.8. Superficie de los abanicos aluviales de la Llanura Costera de Nagua. Al fondo, su área madre, el macizo de Río San Juan

La litología y la estructura son los principales condicionantes de la geometría de la red de drenaje, por lo que ésta sigue pautas diferentes en los diversos dominios de la zona. En la Cordillera Septentrional, la red muestra un patrón dendrítico influenciado por la estructura de dos formas diferentes. Por una parte, en el sector occidental, la red muestra un marcado carácter consecuente, discurriendo a favor de la máxima pendiente regional, observándose una clara asimetría entre la vertiente meridional, estrecha y de elevadas pendientes, y la septentrional, extensa y de pendientes suaves. Por el contrario, en el macizo de Río San Juan la densa red de fracturación da lugar a numerosos cambios en la dirección de los elementos de la red fluvial, que muestran patrones variados, si bien la vertiente meridional mantiene la fisonomía del sector occidental.

En el Promontorio de Cabrera, la red de drenaje se encuentra mínimamente desarrollada, resolviéndose la escorrentía de forma subterránea principalmente; en cualquier caso, los elementos existentes siguen un patrón radial, mostrando un carácter consecuente al discurrir a favor de la máxima pendiente regional. En el Valle del Cibao y la Llanura Costera de Nagua, la red posee geometría dendrítica y carácter igualmente consecuente, descendiendo a favor de la pendiente de los abanicos aluviales en los que se encuentra encajada. Por lo que respecta al Valle del río Yásica, evidencia un condicionamiento estructural debido a la falla del Camú.

Como principales factores condicionantes en la futura evolución de la red, deben tenerse en cuenta: la influencia de la actividad de la falla Septentrional, elevando la Cordillera y con ello incrementando el régimen energético de la red; las modificaciones eustáticas del nivel de base; el retroceso de las vertientes; la erosión remontante y las eventuales capturas derivadas de ella; las modificaciones del cauce activo en las llanuras aluviales de la llanura costera; y la progresión de la disolución kárstica en los afloramientos calcáreos, teniendo en cuenta que una vez alcanzado el sustrato margoso tienden a desarrollarse nuevos elementos de la red de drenaje.

3.2.3. Formas lacustres y endorreicas

Se trata de lagunas y áreas pantanosas y endorreicas, abundantes en la Llanura Costera del Atlántico y, en menor medida, en la Cordillera Septentrional. Las *áreas pantanosas* o ciénagas se han desarrollado en la franja litoral y el sector oriental, favorecidas por su baja pendiente y su mínimo potencial erosivo. En el sector litoral corresponden en parte a antiguas lagunas costeras en proceso de desecación-colmatación, en tanto que algunas del sector oriental corresponden a antiguos drenajes, prácticamente abandonados hoy día.

Las *lagunas* poseen mayor dispersión, ya que a su presencia en la franja litoral unen su aparición en diversos puntos de la cordillera, aprovechando depresiones de origen kárstico (Foto 3.9). Muestran carácter *permanente* o *estacional* (Foto 3.10), según los casos, y reducidas dimensiones, no llegando en ningún caso a 400 m de diámetro. En cuanto a las *áreas endorreicas*, poseen escasa relevancia, apareciendo exclusivamente en el sector oriental con dimensiones de orden decamétrico a hectométrico.



Foto 3.9. Laguna aprovechando el fondo de una dolina

3.2.4. Formas marinas-litorales

Muestran una notable y variada representación en el litoral atlántico, pero es sin duda al Promontorio de Cabrera al que han dotado de una fisonomía peculiar en el contexto insular, a modo de domo orlado por superficies concéntricas escalonadas. Aunque en principio este tipo de formas están ausentes en la Cordillera Septentrional, no debe olvidarse la incidencia de la dinámica marino-litoral en su historia reciente, ya que probablemente la superficie que constituye el techo de la Fm Los Haitises corresponda a la plataforma de abrasión más antigua de la región.

Entre las formas más características de la costa actual se encuentran los *cordones litorales*, que presentan su típico aspecto de sucesiones de dunas, enmascaradas por la densidad de palmeras existente; poseen anchura decamétrica a hectométrica y una longitud de más de 4 km al noroeste de Gaspar Hernández; hacia el interior de este último se reconoce un *cordón litoral degradado*, de anchura ligeramente superior, cuyas *líneas de crecimiento* se reconocen en la fotografía aérea.



Foto 3.10. Laguna estacional, intermitentemente desecada

En el frente de los cordones se han desarrollado *playas*, así como en algunas calas y caletones del promontorio, de entre las que destaca Playa Grande, de longitud superior a 1 km (Foto 3.11). Por su textura, probablemente correspondan a *playas fósiles* los enigmáticos depósitos informes de arenas blancas dispersos por el ámbito de Chirivico, aunque su disposición actual sería más fácil de explicar con una génesis eólica.

Otro de los elementos característicos del litoral son las *marismas bajas* o zonas afectadas por las mareas diarias, coincidentes con el *manglar*; sus principales manifestaciones se encuentran en el entorno de Río San Juan y al este de Veragua. La tendencia ascendente de la región provoca que las marismas sigan una evolución que culmina con su total aislamiento de la acción marina, considerándose entonces marismas o *llanuras intermareales abandonadas*, que aparecen como espectaculares planicies próximas a la costa; de entre ellas destaca por sus dimensiones la situada al este de Veragua.

A diferencia de la mayor parte de la llanura costera, el litoral del Promontorio de Cabrera se caracteriza por un *acantilado*, esporádicamente interrumpido por pequeñas

playas. El máximo desnivel se encuentra en Punta Hoyo Picha, con +25 m, observándose una ligera disminución hacia el oeste.



Foto 3.11. Panorámica de Playa Grande. Al fondo, plataforma de abrasión inferior (r_1)

En cualquier caso, el principal rasgo morfológico de la región son las *plataformas de abrasión* que con disposición concéntrica y anchura kilométrica, escalonan las vertientes del promontorio (Foto 3.12). Se han desarrollado tanto sobre las *construcciones biogénicas* de La Fm La Isabela como sobre las calizas de la Fm Los Haitises (Fig. 3.2). Las plataformas están delimitadas por *acantilados fósiles*, más o menos degradados, que aparecen como escarpes verticalizados de orden decamétrico. Lógicamente, el grado de conservación de las plataformas y de los paleoacantilados disminuye con el tiempo, por lo que entre los niveles más altos (y por tanto, más antiguos), predominan las plataformas *degradadas*.

El sector sudoriental del promontorio, incluido en la vecina Hoja a escala 1:100.000 de Nagua (6274) es el más propicio para la observación de los diversos aterrazamientos, ya que en las áreas septentrional y occidental se encuentran muy trastocados debido a la densa red de fracturación (Fig. 3.3). En dicho sector se observa una sucesión de 11 plataformas de abrasión o terrazas marinas escalonadas a cotas máximas aproximadas de +12 m, +25 m, +35 m, +80 m, +90 m, +100 m, +180 m, +220 m, +300 m, +340 m y +445 m. A diferencia de las restantes, representadas por toda la zona, las terrazas segunda, tercera, quinta y sexta tienen carácter discontinuo, razón por la que la quinta (t_5), no está representada en la Hoja.



Foto 3.12. Panorámica de las plataformas de abrasión inferiores del Promontorio de Cabrera

Los cuatro niveles superiores (r_8 - r_{11}) tienen carácter erosivo exclusivamente, habiéndose desarrollado sobre la Fm Los Haitises, en tanto que los siete inferiores (r_1 - r_7), se han desarrollado sobre terrazas con depósito correspondientes a la Fm La Isabela. Debido a la uniformidad litológica y morfológica de los diferentes niveles, la individualización de ambas formaciones no es obvia, habiéndose establecido por criterios sedimentarios principalmente. Por una parte, las observaciones efectuadas en los niveles superiores han señalado una gran uniformidad de facies, en un contexto de de plataforma interna, en tanto que los niveles inferiores indican un dispositivo más variado en un ámbito de plataforma arrecifal. En cualquier caso, la mayor densidad de fracturación dentro de la Hoja dificulta en mayor medida la identificación de los diferentes niveles.

Como ya se ha señalado, no debe descartarse la posibilidad de que la superficie estructural que constituye el techo de la Fm Los Haitises en el sector occidental de la Hoja, en realidad corresponda a la plataforma de abrasión más antigua (r_{11} del promontorio).

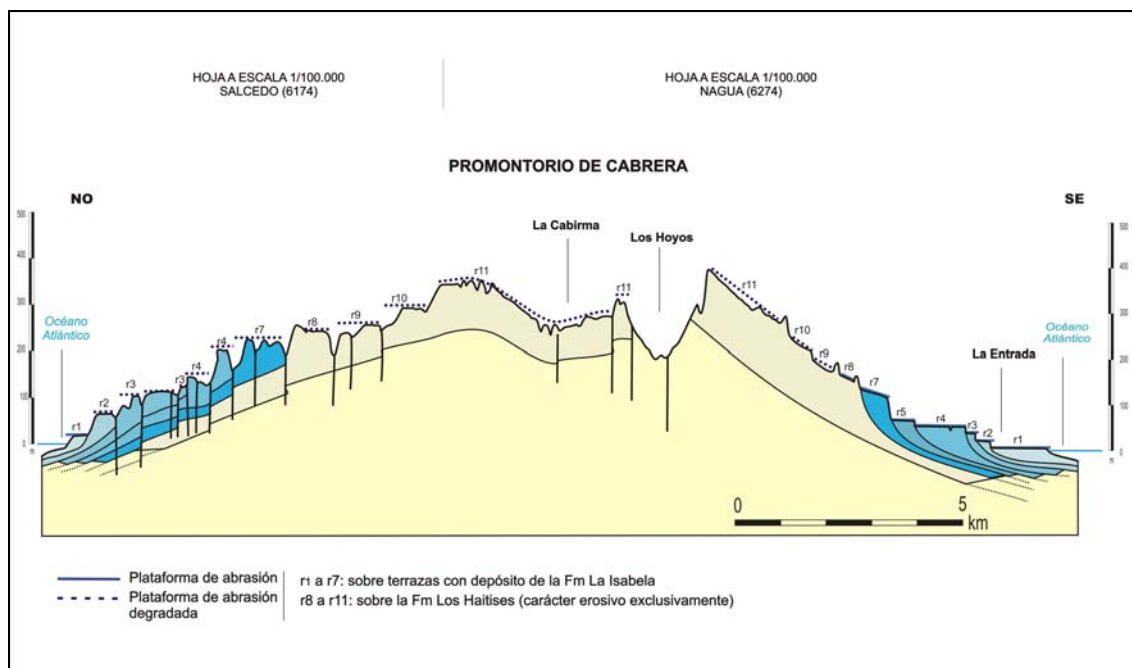


Fig. 3.2. Perfil del Promontorio de Cabrera, caracterizado por sus terrazas marinas y plataformas de abrasión

3.2.5. Formas originadas por meteorización química

Poseen una gran representación en los afloramientos calcáreos del Mb La Piedra (de la Fm Villa Trina) y de las Fms. La Isabela y, especialmente, Los Haitises, configurando en ésta varias áreas con intensa karstificación, destacando por su extensión las de la loma Los Peñones y Monte Llano. Aparecen como densos campos de dolinas (Foto 3.13), observándose también áreas con relieves residuales kársticos (Foto 3.14), a modo de sucesión de mogotes o hums (haitises).

En cualquier caso, las formas más extendidas son las *dolinas*, individualizadas cuando sus dimensiones lo han permitido, predominado las formas elípticas; su confluencia ha dado lugar a la formación de *uvalas*. A una escala inferior, también se observa por la totalidad de los afloramientos calcáreos el desarrollo de un *campo de lapiares* desnudo. La dinámica del río Partido ha dado lugar al desarrollo de un extenso *cañón*, cuyas paredes sobrepasan 100 m de desnivel. El espectro de formas originadas por meteorización química de rocas carbonatadas se completa por la presencia de formas endokársticas, entre ellas cuevas, cuyas dimensiones no han aconsejado su individualización cartográfica.

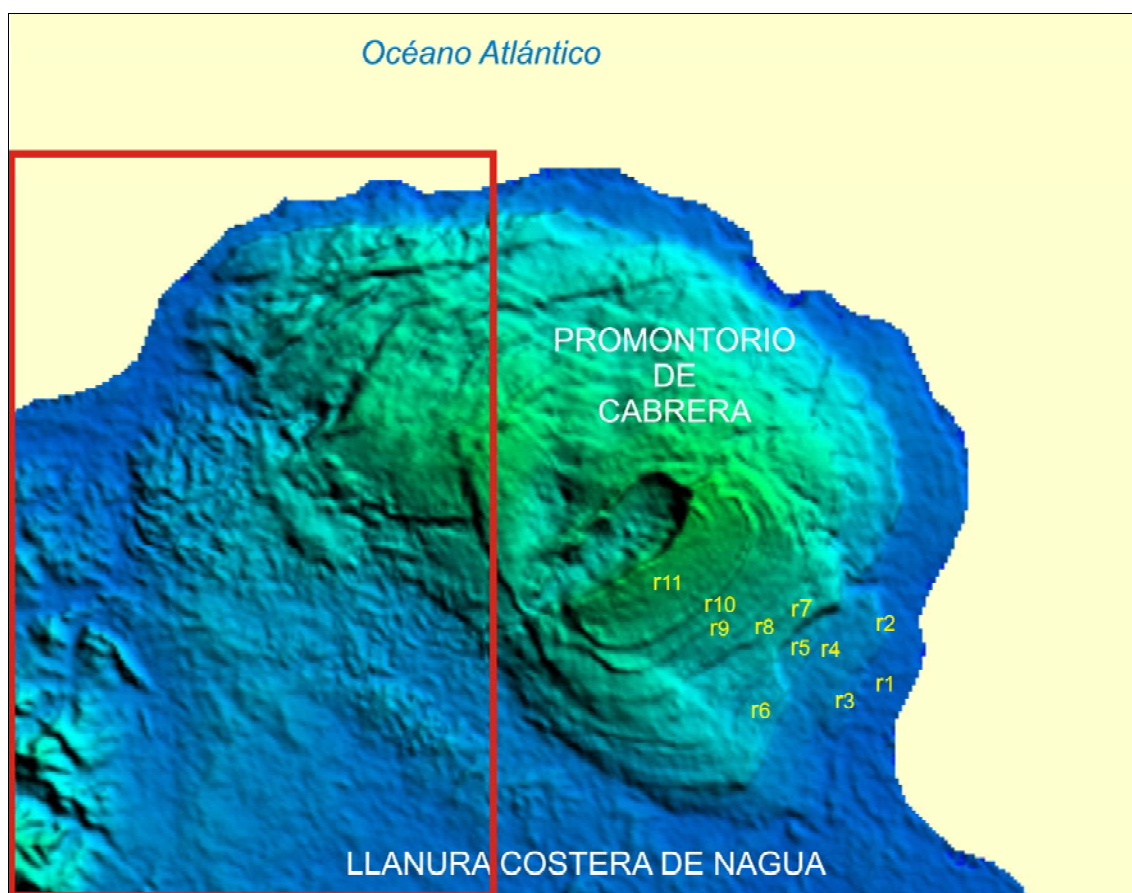


Fig. 3.3. Modelo digital del terreno del Promontorio de Cabrera y plataformas de abrasión del sector suroriental (r₁-r₁₁)



Foto 3.13. En primer término, dolina del campo de dolinas de Monte Llano



Foto 3.14. Al fondo, relieves residuales kársticos, a modo de hums o mogotes (haitises), en el ámbito del Promontorio de Cabrera

En el caso de las rocas silíceas, sin duda, el producto más extendido son las *argilizaciones*, muy abundantes en el macizo de Río San Juan, siendo puestas de manifiesto por arcillas rojas (Foto 3.15). Constituyen el producto típico de la meteorización química de rocas ígneas y metamórficas, favorecidas por un ambiente tropical. Mucho menos frecuentes, pero también presentes en el macizo son las puntuales manifestaciones de relieves en *bolos*, en cuya génesis influye el diaclasamiento de la roca, así como su composición y textura.

3.2.6. Formas poligénicas

Pese a la evidente actividad poligénica desarrollada en el ámbito de la Cordillera Septentrional, en la mayor parte de los casos no genera formas definidas susceptibles de ser representadas. Las más destacadas en el macizo de Río San Juan son los *picos principales*, dispuestos en la mayor parte de los casos a lo largo de las divisorias hidrográficas principales, destacando la loma de Quita Espuela. En el sector occidental, las más destacadas son los *escarpes* que culminan la vertiente meridional

de la cordillera, coincidentes con frecuencia con las cicatrices de los numerosos deslizamientos desarrollados en dicha vertiente.



Foto 3.15. Desarrollo de procesos de argilización sobre los materiales ígneo-metamórficos del macizo de Río San Juan

Como formas con depósito, cabe señalar los *piedemontes* del sector suroriental, cuyo mejor ejemplar es el de Monte Llano, con un marcado *reborde de depósito*. Se configuran como planicies colgadas con respecto a la red fluvial actual, descendiendo imperceptiblemente desde el borde del macizo de Río San Juan hacia el noreste. El carácter rectilíneo del borde del macizo sugiere su naturaleza tectónica, hecho que parece respaldado por el escalonamiento del piedemonte localizado al noroeste de La Pocilga.

3.2.7. Formas antrópicas

Aunque la actividad antrópica constituye una característica de algunas áreas de la zona, especialmente en el Valle del Cibao, estando relacionada principalmente con la modificación del paisaje debida a la construcción de redes de transporte y asentamientos urbanos, en el presente apartado se ha diferenciado exclusivamente una forma que ha supuesto una modificación sustancial de la topografía, consistente

en la ganancia de terreno a expensas de un manglar. Se trata de un relleno con explanación con fines de aprovechamiento turístico, localizado 4 km al este de Magante.

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. Lutitas y bloques. Deslizamiento (a). Holoceno

Como se ha señalado, muestran un notable desarrollo a favor de los afloramientos margosos de la Fm Villa Trina localizados en zonas de elevadas pendientes, especialmente en la vertiente meridional de la Cordillera Septentrional, donde se deja sentir la actividad de la densa red de fracturación paralela a la falla Septentrional. Se trata de masas desorganizadas de naturaleza lutítica que incluyen bloques de calizas que pueden sobrepasar 10 m de diámetro; evidentemente, en las formas desarrolladas en el macizo de Río San Juan, los bloques son de naturaleza ígneo-metamórfica.

No ha podido observarse corte alguno que permita determinar su espesor, muy variable en cualquier caso en función de la envergadura de la masa deslizada. No obstante, es posible que en los de mayores dimensiones se alcancen los 100 m, a juzgar por su extensión y por la envergadura observada en deslizamientos desarrollados recientemente en un contexto similar, como en el caso de Carlos Díaz (10-02-2009), al norte de Santiago, en la Hoja a escala 1:100.000 del mismo nombre. El hecho de ser reconocidos pese a la rápida destrucción o enmascaramiento que sufren estas de formas, sugiere su pertenencia al Holoceno.

4.1.2. Bloques, cantos y lutitas. Coluvión (b). Holoceno

La constante evolución de las vertientes hace que sean depósitos efímeros, habiéndose reconocido escasos ejemplares, pese a las elevadas pendientes de buena parte de la zona. Se trata de una asociación de cantos y bloques heterométricos en

matriz lutítica, en la que la naturaleza de sus componentes es función de la del área madre correspondiente.

Su espesor, muy variable, se estima en 5-10 m. Al igual que en el caso de los deslizamientos, el propio hecho de su identificación en una zona de rápida evolución del relieve, sugiere su pertenencia al Holoceno.

4.2. Formaciones fluviales

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

Son el principal constituyente del Valle del Cibao y de la Llanura Costera de Nagua, configurando extensas planicies de deficiente calidad de afloramiento, confiriendo al terreno tonalidades ocres y negruzcas en el primer caso, y rojizas, en el segundo.

En el Valle del Cibao muestran algunos cortes a favor del encajamiento de los diversos ríos y arroyos encajados en ellos. Un buen punto de observación de sus principales características se localiza en el cauce del río Cenoví, al noroeste de Tenares, donde se ponen de manifiesto sus variaciones litológicas (Foto 4.1). Predominan las lutitas de tonalidades ocres debido a la extensión de los afloramientos de las Fms. La Toca y Villa Trina en el área fuente, entre las que se intercalan niveles de gravas de geometrías canaliformes de espesor de orden métrico; las gravas son de composición calcárea y el tamaño de los cantos varía entre 5 y 15 cm; la distribución de estos niveles de gravas es aleatoria, al igual que la de las intercalaciones de horizontes lutíticos negros observados, de espesor comprendido entre 1 y 3 m, correspondientes a suelos con abundante contenido orgánico.

En los afloramientos más orientales del valle, al norte de San Francisco de Macorís, se observa un cambio composicional, apareciendo como un conjunto de gravas y arenas de tonos rojizos, con intercalación de niveles lutíticos. Este hecho, unido al simultáneo cambio morfológico, con un relieve ligeramente más elevado e incidido por la red de drenaje, podría sugerir que en este caso se trata de un depósito más antiguo. Sin embargo, el cambio composicional es debido a la variación del área madre, constituida en este caso por materiales ígneo-metamórficos del macizo de Río San Juan; por otra parte, la mayor elevación y consecuente incisión fluvial es debida a su situación en el extremo occidental del denominado *Ridge* de San Francisco (Winslow *et al.*, 1991), peculiar estructura antiformal activa actualmente.



Foto 4.1. Variaciones litológicas en los abanicos aluviales del valle del Cibao, en el cauce del río Cenoví

Por lo que respecta a la Llanura Costera de Nagua, los puntos de observación son menos frecuentes, pudiendo constatarse únicamente la presencia de lutitas de tonos rojizos, aunque algunas barranqueras y pequeños cortes en el borde de los caminos permiten observar sus principales rasgos. Las arcillas están afectadas por edafizaciones que les confieren un aspecto abigarrado que recuerda al de las alteraciones del basamento del macizo de Río San Juan, señalando a éste como su área madre, suposición respaldada por el incremento de la cota del techo de los abanicos hacia el oeste y por la presencia esporádica de pequeños niveles de cantos de orden centimétrico de composición ígneo-metamórfica. El espesor no es constatable en ninguna de las zonas señaladas, variando tanto longitudinal como transversalmente; en cualquier caso, probablemente supere valores de 50 m.

En cuanto a su edad, el hecho de que los abanicos de la Llanura Costera de Nagua se dispongan en la localidad del mismo nombre sobre la Fm La Isabela (Hoja a escala 1:100.000 de Nagua, 6274), restringe su base al Pleistoceno Superior, edad asignada a la unidad ya que el grado de encajamiento de la red fluvial en ella invita a descartar su pertenencia al Holoceno.

4.2.2. Gravas, arenas y lutitas. Terraza (d, e). Pleistoceno Superior

Sus principales manifestaciones se encuentran ligadas a los ríos Yásica, Boba y Veragua, encontrándose formas asociadas a otros ríos, pero con un desarrollo inferior. Los dos grupos diferenciados, clasificados informalmente como terrazas altas (d) y bajas (e), poseen coloraciones rojizas y una composición similar, estando constituidas por gravas polimícticas con predominio de cantos de origen ígneo-metamórfico, en matriz arenosa, observándose niveles de lutitas (Foto 4.2); el tamaño de los cantos varía notablemente, predominando los diámetros de 5-15 cm. Su potencia oscila entre 2 y 15 m.



Foto 4.2. Gravas y arenas en una terraza baja del río Veragua

Por lo que respecta a su edad, en función del grado de incisión de la red actual en ellas, se atribuyen tentativamente al Pleistoceno Superior, aunque no debe descartarse que el nivel más moderno pertenezca, al menos parcialmente, al Holoceno.

4.2.3. Gravas, arenas y lutitas. Llanura de inundación (f). Holoceno

Poseen una notable representación, especialmente en el caso de los ríos Boba, Baquí y Yásica, en los que configuran bandas de anchura kilométrica constituidas por gravas polimícticas y arenas (Foto 4.3), con intercalación de niveles lutíticos, en las que se encajan los fondos de valle. Entre las gravas predominan los componentes de origen ígneo-metamórfico, con diámetros de 10-20 cm, si bien algunos elementos pueden sobrepasar 1 m.



Foto 4.3. Gravas y arenas de la llanura de inundación del río Yásica

Su espesor es difícil de determinar al no observarse el sustrato, pero debe sobrepasar 5 m en el caso de los ríos principales. Por su dinámica actual, se incluyen en el Holoceno.

4.2.4. Gravas, arenas y lutitas. Cauce o meandro abandonado (g). Holoceno

Se distribuyen por la llanura de inundación de los principales ríos, caracterizándose por formas alargadas y curvadas de orden hectométrico a kilométrico. Su composición es muy similar a la de los fondos de valle y la llanura de inundación por la que circulaban, observándose una mayor proporción de finos. Su espesor se cifra en 4-6

m. El hecho de estar encajados en las llanuras de inundación hace que se asignen al Holoceno.

4.2.5. Gravas, arenas y lutitas. Conos de deyección (h). Holoceno

No se ha observado corte alguno que permita establecer sus características composicionales. No obstante, excepto en el caso de los ejemplares generados en el sector septentrional del Promontorio de Cabrera, constituidos por lutitas con cantos y bloques calcáreos, en base a su área madre puede inferirse su constitución por gravas y arenas en una matriz arcillosa roja, que puede aumentar su proporción según los casos. No se poseen estimaciones sobre su espesor, que probablemente no alcance 20 m. Por su disposición sobre la terraza marina inferior (t_1) en el Promontorio de Cabrera y por su nivel de conservación morfológica, se asignan al Holoceno.

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

Los principales fondos de valle están constituidos por gravas y arenas de composición variable: ígneo-metamórfica en los cursos que se nutren de materiales del macizo de Río San Juan, y margo-calcárea en los cursos del sector occidental que transitan sobre los afloramientos de la Fm Villa Trina.

Las gravas contienen cantos redondeados de 10-20 cm de diámetro, sobrepasando 1 m en algunos clastos del río Boba. Aunque no existen cortes que permitan determinar su espesor, varía en función del curso en cuestión, pudiendo alcanzar 5 m. Por su actividad actual se asignan al Holoceno.

4.3. Formaciones lacustres-endorreicas

4.3.1. Lutitas. Área endorreica (j). Holoceno

Poseen un desarrollo mínimo, restringido al sector oriental, sin que se haya observado corte alguno de la unidad. Su depósito corresponde a lutitas de tonos oscuros, cuyo espesor no ha sido determinado, estimándose valores de 2-3 m. Se asignan al Holoceno por su carácter actual.

4.3.2. Lutitas. Área pantanosa (k). Holoceno

Su presencia se restringe a la Llanura Costera del Atlántico. Se trata del depósito de áreas de drenaje deficiente, en ocasiones antiguas lagunas costeras, constituido por lutitas oscuras con un cierto contenido de materia vegetal. Su espesor no ha sido determinado, aunque debe acercarse a 2-3 m. Por su dinámica actual se enmarcan en el Holoceno.

4.3.3. Lutitas. Laguna (l). Holoceno

A pesar de su presencia en la franja litoral, la mayor parte de sus representantes se encuentran ligadas a áreas de desarrollo kárstico. Se trata de un depósito integrado por lutitas oscuras, cuyo espesor no ha sido determinado, estimándose valores de 2-3 m. Se asignan al Holoceno por su actividad actual.

4.4. Formaciones marinas-litorales

4.4.1. Calizas arrecifales. Construcciones biogénicas (m, n, ñ, o, p, q). Pleistoceno

Se trata fundamentalmente de calizas correlacionables con los materiales similares que Marcano y Tavares (1982) definieron como Fm La Isabela en las proximidades de esta localidad (Foto 4.4). Constituyen seis de las siete plataformas calcáreas (t_1 - t_7) escalonadas en el Promontorio de Cabrera entre la Fm Los Haitises y la línea de costa (Fig. 4.1), ya que la quinta terraza (t_5), no aparece representada en la Hoja. Las mejores condiciones para su estudio se encuentran en el sector suroriental del promontorio (Fig. 3.3), situado en la Hoja a escala 1:100.000 de Nagua (6274), por lo que la mayor parte de la descripción de estas formaciones se basa en los datos e interpretaciones de Braga (2010) allí.

Las seis unidades de depósito se asocian con las seis plataformas de abrasión correlativas (r_1 - r_4 , r_6 - r_7) y presentan una constitución litológica semejante, habiéndose diferenciado básicamente por su disposición morfológica y sus consiguientes diferencias cronológicas. Son numerosos los puntos que permiten efectuar observaciones de calidad de las características de estas unidades, especialmente las diversas canteras y los acantilados existentes en la zona.

Cada unidad responde a un dispositivo consistente en una barrera arrecifal protectora de *lagoones* de centenares de metros de anchura y que pasaban a mar abierto a

través de un talud de pendiente relativamente alta (Fig. 4.2). Su espesor varía, principalmente en secciones transversales, en consonancia con su morfología sedimentaria, estimándose en cualquier caso valores de 20-40 m.



Foto 4.4. Bioconstrucciones arrecifales de la Fm La Isabela en el extremo occidental de Playa Grande

El armazón arrecifal está constituido 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, presentando con frecuencia costras de diverso grosor de algas rojas coralinales. Entre las colonias se observa un sedimento interno de calcirrudita-calcarenita bioclástica, compuesta de 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.

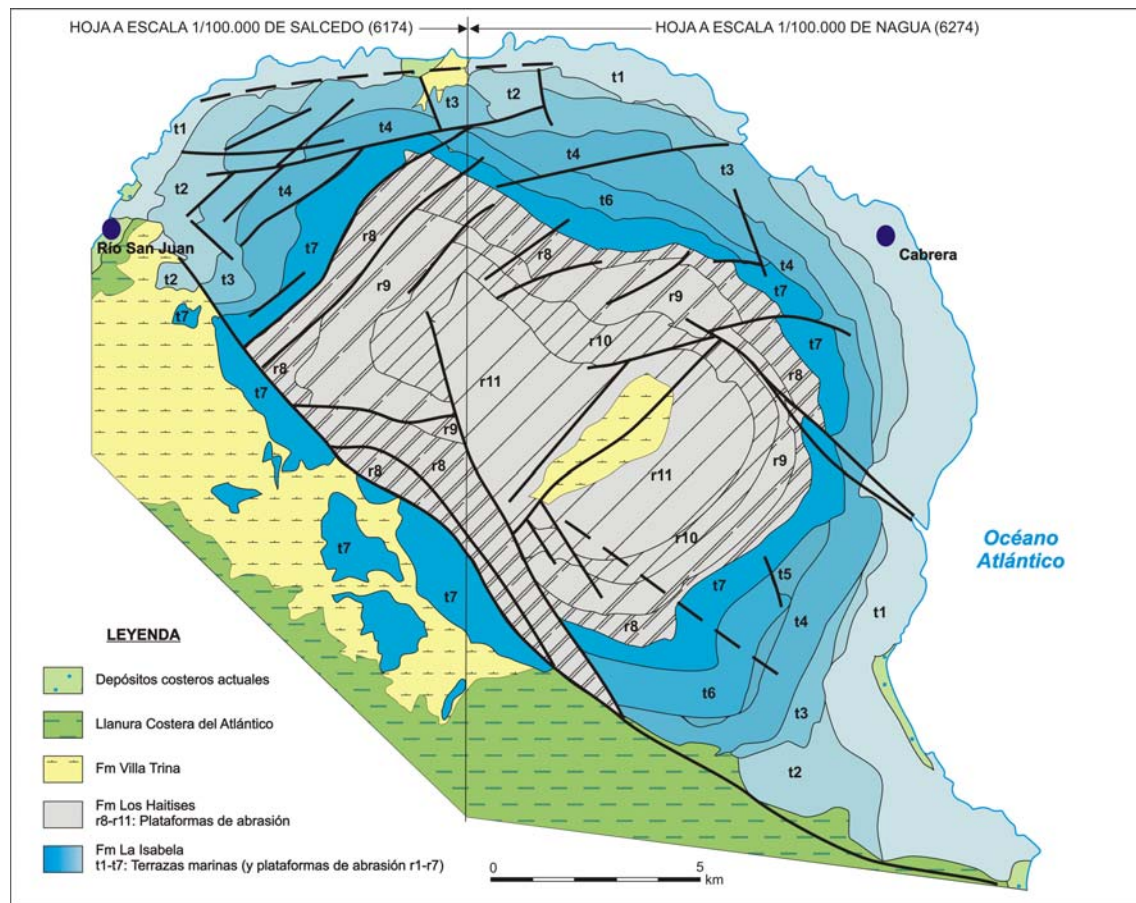


Fig. 4.1. Esquema de las terrazas marinas y plataformas de abrasión del Promontorio de Cabrera

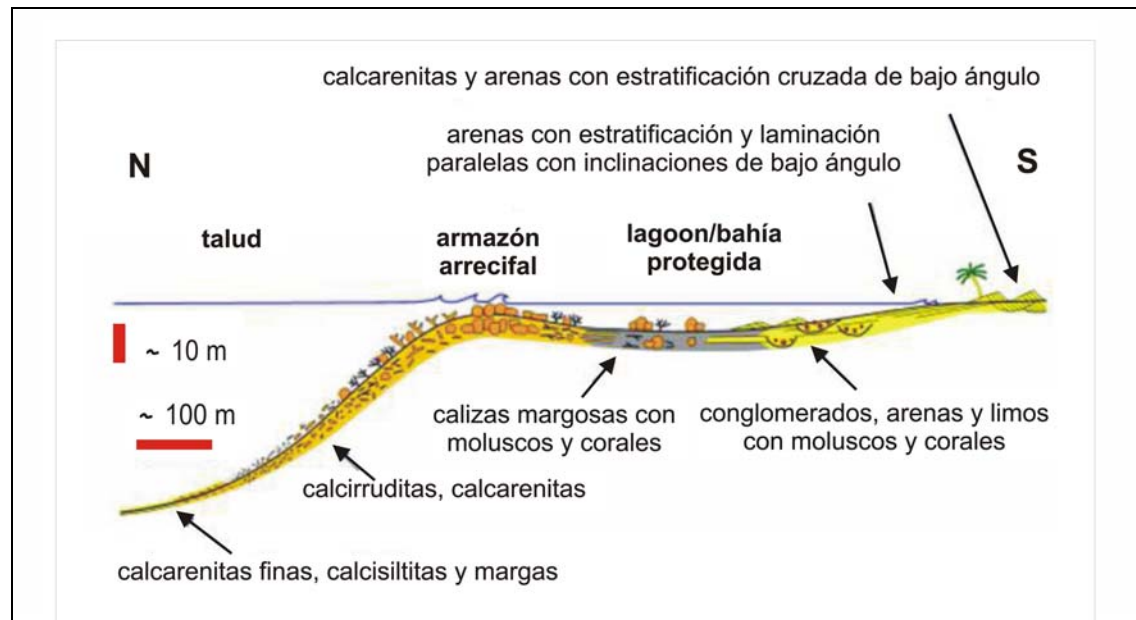


Fig.4.2. Modelo sedimentario de la Fm La Isabela (Braga, 2010)

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. En el núcleo de la construcción, el coral de ramas muy gruesas *Acropora palmata* aparece junto a colonias masivas de *Montastrea annularis*, *Siderastrea*, *Diploria* y *Porites*, además de algunas ramas de otras formas de *Acropora*. Hacia el mar se incrementan las proporciones de colonias de ramas finas de *A. prolifera* y *A. cervicornis*. En el núcleo, la construcción es masiva, pero define una cierta estratificación grosera que buza ligeramente hacia el mar en las zonas más ricas en *Acropora*.

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, pudiendo observarse en la cantera situada junto al camino de la ermita de la Virgen de la Vereda (Braga, 2010); a ellos se incorporan también los restos de los organismos que vivieron mar adentro sobre el talud de derrubios del arrecife. Se aprecia una disminución del tamaño de grano con la distancia al arrecife y una mejor definición de las laminaciones y estratificaciones, observándose superficies erosivas y ligeras discordancias internas. Se trata de depósitos formados por fragmentos de coral, moluscos, algas coralinales y *Halimeda*, equinodermos, foraminíferos y briozoos, siendo frecuente encontrar colonias decimétricas masivas de coral, sobre todo de *Montastrea* y *Diploria*, volcadas y dispersas entre las calcirruditas; poseen contenidos variables de matriz micrítica. Estas facies aparecen en clinoformas, con un buzamiento de hasta 18-20°.

Las facies más distales de los taludes arrecifales, en las que se combina la llegada de los derrubios más finos del arrecife con sedimentos de mar abierto, mezclas de arcillas y limos y componentes planctónicos, están representadas por calcarenitas finas, calcisiltitas y margas. Estas facies, bien representadas en Cabo Francés Viejo, se ordenan mediante alternancias de capas centimétricas a decimétricas, agrupadas en paquetes métricos discordantes entre sí.

En cuanto a las facies del *lagoon*, están constituidas por calizas micríticas y calcarenitas bioclásticas (*wackestones* a *packstones*), con contenido margoso variable, agrupadas en capas centimétricas a decimétricas, bien estratificadas. Se observan moluscos y pequeños cabezos de coral dispersos, generalmente *Montastrea*

y *Diploria*. Contienen foraminíferos bentónicos y restos de equinodermos dispersos en la matriz, junto a los huecos de disolución de los esqueletos.

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

Pese al abundante contenido faunístico que incluyen, no existen dataciones que permitan precisar su edad. El único dato disponible, correspondiente a una datación realizada en el laboratorio de radiometría de la "School of Earth Sciences", de la Universidad de Melbourne, sobre una muestra de *Acropora palmata* tomada en Cabo Francés Viejo, concretamente en la terraza inferior (unidad q), situada a unos +20 m, indica una edad de 134.393 ± 1.060 a. Por motivos geoquímicos, parece probable que la edad obtenida sea algo más antigua que la real (Braga, 2010), por lo que cabe suponer que dicha terraza (la más joven de la zona), se formó en el MIS 5e, lo que sugiere su correlación con la terraza más joven de la Llanura Costera del Caribe, depositada igualmente en el MIS 5e y cuya edad ha sido precisada en 121 ± 9 ka (Schubert y Cowart, 1982).

Adoptando para la terraza inferior del Promontorio la edad señalada, resulta una tasa de elevación de 0,17 mm/año en el sector donde se tomó la muestra, que aplicada a las restantes terrazas de la Fm La Isabela (asumiendo todas las imprecisiones e incertidumbres que acompañan este supuesto), permite estimar que su depósito se produjo durante el Pleistoceno Inferior-Superior (Fig. 4 3). Esta tasa de elevación parece más real que la resultante tomando como base de cálculo la cota de la terraza inferior en el sector suroriental, ya que el valor obtenido (0,07 mm/año) indica, al ser extrapolado a las restantes plataformas de abrasión, que la plataforma superior se habría generado durante el Plioceno Inferior, dato incompatible con la edad Mioceno Medio-Plioceno Inferior asignada a la Fm Villa Trina.

4.4.2. Arenas blancas. Depósitos litorales (r). Pleistoceno Superior

Se trata de una unidad cuyos deficientes afloramientos hacen que presente importantes incertidumbres sobre su origen. Consiste en pequeñas acumulaciones informes de arenas blancas (Foto 4.5), cuyo aspecto y textura evocan playas, estimándose espesores de orden decimétrico a métrico. Se asignan al Pleistoceno Superior por su disposición sobre los abanicos aluviales de la unidad (c) y por su elevado nivel de degradación.

ESTIMACIONES DE EDADES Y TASAS DE ELEVACIÓN EN EL PROMONTORIO DE CABRERA (Basado en datos de Braga, 2010)								
FORMACIÓN	PLATAFORMA DE ABRASIÓN	UNIDAD CARTOGRÁFICA (TERRAZA MARINA)	SECTOR SEPTENTRIONAL		SECTOR SUDORIENTAL		DATACIÓN* (ka)	EDAD
			COTA (m)	TASA DE ELEVACIÓN (mm/a)	COTA (m)	TASA DE ELEVACIÓN (1) (mm/a)		
LA ISABELA	r1	q	24	0,17	12	0,07	121+9	PLEISTOCENO SUPERIOR
	r2	p	70	0,17	25	0,01	400	PLEISTOCENO MEDIO
	r3	o	130	0,17	35	0,04	780	
	r4	ñ	180	0,17	80	0,07	1100	PLEISTOCENO INFERIOR
	r5	-	-	-	90	0,08	1200	
	r6	n	220	0,17	100	0,08	1325	
	r7	m	240	0,17	180	0,12	1450	
LOS HAITISES	r8	-	280	0,17	220	0,13	1700	PLIOCENO
	r9	-	320	0,17	300	0,15	1950	
	r10	-	360	0,17	340	0,16	2150	
	r11	-	402	0,17	445	0,19	2400	

126 ka

781 ka

1806 ka

3500 ka

121: datación absoluta corregida y correlacionada con la Llanura Costera del Caribe

0,17: tasa de elevación tomada como referencia para el sector septentrional

400: edad estimada en base a la relación entre cota y tasa de elevación, ajustada a la curva de Estadios Isotópicos (MIS)

Fig. 4.3. Estimación de la tasa de elevación y la edad de las construcciones arrecifales y plataformas de abrasión del Promontorio de Cabrera

4.4.3. Lutitas. Llanura intermareal abandonada (s). Lutitas y arenas con vegetación abundante. Marisma baja (v). Pleistoceno-Holoceno

Se agrupan en el presente apartado los depósitos relacionados con los procesos mareales, de carácter eminentemente lutítico con cierto contenido arenoso y un notable contenido de materia orgánica en el caso de la marisma baja, como consecuencia de su colonización por el manglar. En las proximidades de Gaspar Hernández, una pequeña sección del litoral muestra una sucesión de unos 3 m de espesor de arcillas oscuras con materia orgánica sobre calizas coralinas blancas (Foto 4.6), interpretándose como el resultado de la evolución ascendente y la consiguiente regresión de la zona, con desarrollo de facies progresivamente más someras, finalmente desconectadas de la dinámica marina, considerándose entonces llanuras intermareales abandonadas.

Se estiman espesores de 3-5 m para este tipo de depósitos. Las marismas abandonadas se han asignado al Pleistoceno Superior teniendo en cuenta la tasa de

elevación estimada para las construcciones biogénicas y la cota del depósito, no debiendo descartarse que, al menos en algunos casos, correspondan al Holoceno. Por su parte, las marismas bajas se han incluido en el Holoceno por su dinámica actual.



Foto 4.5. Arenas blancas de origen incierto, aflorantes sobre los abanicos aluviales de la Llanura Costera de Nagua

4.4.4. Arenas. Cordón litoral degradado (t). Cordón litoral (u). Holoceno

Constituyen una franja de anchura variable, pero en cualquier caso inferior a 500 m, paralela a la línea de costa. Poseen su típico aspecto de cordón, pero en el sector noroccidental se encuentra degradado hacia el interior, pudiendo aparecer como un manto informe. Se trata de arenas finas a medias, con una alta proporción de componentes carbonatados.

En el frente del cordón se instalan extensas playas arenosas, pero la escala de trabajo tan sólo ha permitido su diferenciación como formas lineales.



Foto 4.6. Arcillas negras correspondientes a una llanura intermareal o marisma abandonada, sobre calizas coralinas, al noreste de Gaspar Hernández

4.5. Formaciones originadas por meteorización química

4.5.1. Arcillas rojas. Argilización (x). Mioceno Superior-Cuaternario

El producto de alteración característico del macizo de Río San Juan, concretamente de sus constituyentes ígneo-metamórficos, son las arcillas rojas resultantes de los procesos de argilización. Poseen aspecto homogéneo debido a la destrucción completa de la roca original por la hidrólisis total de los silicatos, favorecida por un ambiente tropical.

Son numerosos los puntos de observación de este manto de alteración, pudiendo señalarse, entre otros, las pistas del ámbito de El Sabroso-El Higüero. Se observan diversos estados de transformación del sustrato cretácico y más frecuentemente, su total alteración. Aparecen como arcillas de acusados tonos rojizos (Foto 4.7) y de espesor variable, que puede sobrepasar los 5 m, si bien en otros puntos sólo posee algunos decímetros.



Foto 4.7. Arcillas rojas formadas por argilización del sustrato ígneo-metamórfico del macizo de Río San Juan

En cuanto a su edad, su génesis debió iniciarse con la emersión de la región, que a juzgar por la paleogeografía sugerida para el depósito de las calizas de la Fm Los Haitises, debió haberse producido ya en el Mioceno Medio en algunas zonas del macizo, habiendo continuado hasta la actualidad.

4.5.2. Arcillas de descalcificación. Fondo de dolina o uvala (y). Pleistoceno-Holoceno

Se asocian a los afloramientos calizos del Mb La Piedra (de la Fm Villa Trina) y de las Fms. La Isabela y Los Haitises, especialmente de esta última, donde la karstificación ha adquirido un mayor desarrollo. Sus afloramientos se concentran principalmente en las regiones de Monte Llano, Los Peñones y Promontorio de Cabrera. Corresponden a arcillas rojas de aspecto masivo, producto de la descalcificación de los materiales calcáreos por la acción de procesos kársticos. Su espesor varía considerablemente en función de la efectividad de los procesos de disolución, pudiendo superar los 3 m.

Su edad está acotada por la del techo del nivel superior de la Fm Los Haitises, habiéndose enmarcado en el Pleistoceno-Holoceno.

4.6. Formaciones poligénicas

4.6.1. Bloques, cantos y arcillas rojas. Piedemonte (w). Pleistoceno

Se localizan en el sector suroriental, al pie de la Cordillera Septentrional, estando constituidos por gravas polimícticas en matriz arenosa, con importantes niveles lutíticos de tonos rojizos. Los cantos, de composición ígneo-metamórfica, son redondeados y presentan diámetros predominantes de 10-20 cm. Se disponen sobre los Conglomerados de La Piragua y sobre materiales equivalentes de la Fm Villa Trina, con un espesor cercano a 50 m. Por el grado de encajamiento de la red fluvial en ellos, se atribuyen al Pleistoceno, pudiendo correlacionarse con los abanicos aluviales que tapizan la Llanura Costera de Nagua y el Valle del Cibao.

4.7. Formaciones antrópicas

4.7.1. Relleno antrópico. Zona ganada al manglar (z). Holoceno

Se trata de los materiales utilizados como relleno de un manglar localizado entre Magante y Punta Francés, consistentes en un conjunto heterogéneo de bloques, arena y material lutítico sometido a explanación y que ha desecado parte del manglar. Su espesor es de orden métrico. Obviamente, se asigna al Holoceno.

5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

Aunque la morfología de la región es el resultado de los procesos acaecidos a lo largo de la historia de la Cordillera Septentrional, el diseño de su fisonomía actual empieza a perfilarse durante el Mioceno Medio, cuando el macizo de Río San Juan se habría alzado como un relieve positivo. Una importante transgresión acontecida en el Mioceno Superior, provocó la instalación en torno al macizo de una cuenca marina relativamente profunda en la que se depositó la Fm Villa Trina, cuenca que evolucionó en el Plioceno a la extensa plataforma carbonatada en la que se depositó la Fm Los Haitises, observándose durante todo este lapso de tiempo una profundización de la cuenca hacia el norte. Por lo que respecta al Valle del Cibao, configuraría una cuenca marina al norte de la Cordillera Central, siendo difícil establecer su posición precisa con relación a la Cordillera Septentrional debido a la incertidumbre acerca del desplazamiento producido por la falla Septentrional entre ambas desde entonces.

En las proximidades del límite Plioceno-Pleistoceno, el Promontorio de Cabrera comenzó a esbozarse siguiendo una evolución diferenciada del resto de la región, constatándose allí la práctica continuidad del registro sedimentario hasta la actualidad. La elevación preferente del centro del promontorio y las oscilaciones eustáticas le han conferido su morfoestructura característica, consistente en el escalonamiento de sucesivas plataformas de abrasión y terrazas marinas en torno a un islote que iría aumentando progresivamente su extensión.

Mientras tanto, las áreas emergidas del macizo de Río San Juan habrían comenzado a sufrir los efectos de una intensa meteorización química, que a su vez favorecería el desarrollo de una enérgica erosión por parte de la red de drenaje. Aunque parece evidente que la elevación del sector occidental de la cordillera en la Hoja comenzó por el sur, debido a la actividad de la falla Septentrional, es difícil establecer si su emersión ya habría comenzado durante este periodo.

Sea como fuere, en el Pleistoceno Medio ya se habría producido la emersión del ámbito de la cordillera y de buena parte del promontorio, con el consiguiente retroceso de la línea de costa y el comienzo del depósito de la Fm La Isabela en plataformas arrecifales.

En un estadio posterior, probablemente a finales del Pleistoceno Superior, se produjeron diversas modificaciones paleogeográficas sustanciales en la región. Por

una parte, se produciría la irrupción en la Llanura Costera de Nagua de extensos abanicos aluviales procedentes del macizo de Río San Juan; a falta de datos del subsuelo, no puede precisarse si previamente tuvo lugar el depósito del nivel más reciente de la Fm La Isabela (posteriormente hundida debido a la acción de la falla de San Rafael), o si no se produjo dicho depósito al configurarse esa zona como una bahía influenciada por la desembocadura de un incipiente río Boba.

En el ámbito de la cordillera, la red de drenaje ya habría esbozado su geometría actual, basada en cursos encajados según una tendencia consecuente general, en el sector occidental, y adaptada a la estructura, en el oriental. Su actividad es especialmente patente en la vertiente meridional, afectada por una elevación superior debido a la actividad de la Zona de Falla Septentrional, provocando que los cursos fluviales generasen extensos sistemas de abanicos coalescentes que tapizarían este sector del Valle del Cibao. En cualquier caso, para alcanzar la configuración actual de la red fueron necesarias dos importantes capturas: por una parte, la de la depresión de Canete por parte del río Boba, que ha dado lugar a una fuerte incisión lineal desde entonces; y por otra, la del río San Juan, que se abriría paso hasta su posición actual merced a acción de las fallas del arroyo Bobitón, abandonando su desembocadura en la Llanura Costera de Nagua.

A finales del Pleistoceno, el territorio emergido habría incorporado las plataformas correspondientes a la Fm La Isabela, de forma que la línea de costa coincidiría con el límite interno de la actual franja litoral. Con la emersión de las plataformas carbonatadas, la meteorización química ha tenido un notable desarrollo, especialmente en relación con los afloramientos de la Fm Los Haitises.

Durante el Holoceno, la principal actividad fluvial ha consistido en el encajamiento de la red, cuantificable cuando ha tenido lugar sobre los abanicos pleistocenos, y en el avance a través de las llanuras costeras a medida que iban emergiendo, hecho que tiene su principal manifestación en el caso del río Yásica. Las modificaciones de la geometría de la red fluvial en el sector suroccidental evidencian la pérdida de actividad de la falla Septentrional, asumida por la de Jacagua.

La evolución más reciente en la franja litoral ha estado caracterizada por el desarrollo de cordones litorales y marismas, abandonadas a medida que ha proseguido la elevación de la región. Los cordones protegerían lagunas costeras que evolucionaron a áreas pantanosas dentro de una tendencia general de colmatación-desección. Por

otra parte, algunas de las numerosísimas depresiones kársticas generadas por toda la región han propiciado la formación de lagunas.

Como principales factores condicionantes de la futura evolución de la región, deben tenerse en cuenta: la tendencia ascendente de la misma, el retroceso de la línea de costa y el descenso del nivel de base, circunstancias que incrementarán el poder erosivo de los elementos de la red fluvial, con la consiguiente erosión remontante y las posibles capturas derivadas de ella; asimismo, deben considerarse la influencia de las fallas que desnivelan bloques en el Promontorio de Cabrera y en la Cordillera Septentrional, la actividad gravitacional en las vertientes, la tendencia a la colmatación de las lagunas y áreas pantanosas, 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, afectados 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 Salcedo existe una gran variedad en cuanto a la naturaleza de los procesos activos, habiéndose reconocido diversos tipos de actividad: sísmica, tectónica, asociada a movimientos de laderas, por procesos de erosión, de inundación y de sedimentación, asociada a litologías especiales y antrópica.

6.1. Actividad sísmica

La sismicidad es uno de los procesos activos más relevantes de La Española, como consecuencia de su situación en un contexto geodinámico de límite entre dos placas: Norteamericana y del Caribe. Actualmente existe 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 suficientemente 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 proyecto SYSMIN. El periodo cubierto ha sido 1505-2010.

La Hoja de Salcedo pone de manifiesto la necesidad de abordar los estudios sísmicos en relación con áreas de un orden de magnitud superior, ya que en la Hoja la distribución de epicentros aparece como una nube de puntos que no sigue un patrón evidente. Sin embargo, en una representación de escala regional se observa la pertenencia de dichos epicentros a un dominio con importante actividad sísmica delimitado por la falla Septentrional, al sur, y el límite entre las placas Norteamericana y del Caribe, al norte (Fig. 6.1).

En cualquier caso, en los seísmos registrados en la Hoja predominan los de profundidad intermedia (23-55 km), con eventos someros (1-7 km) y profundos (109-112 km), pudiendo correlacionarse en algunos casos con las estructuras cartografiadas. En cuanto a su magnitud, el mayor evento registrado alcanzó un valor

de 6,23 (1945). Cabe destacar que la zona se vio afectada de forma directa por la sucesión de seísmos desencadenados entre 1946 y 1953 en el sector nororiental de La Española (Dolan y Wald, 1998), relacionándose con el proceso de subducción de la placa Norteamericana bajo la Caribeña (Fig. 6.2).

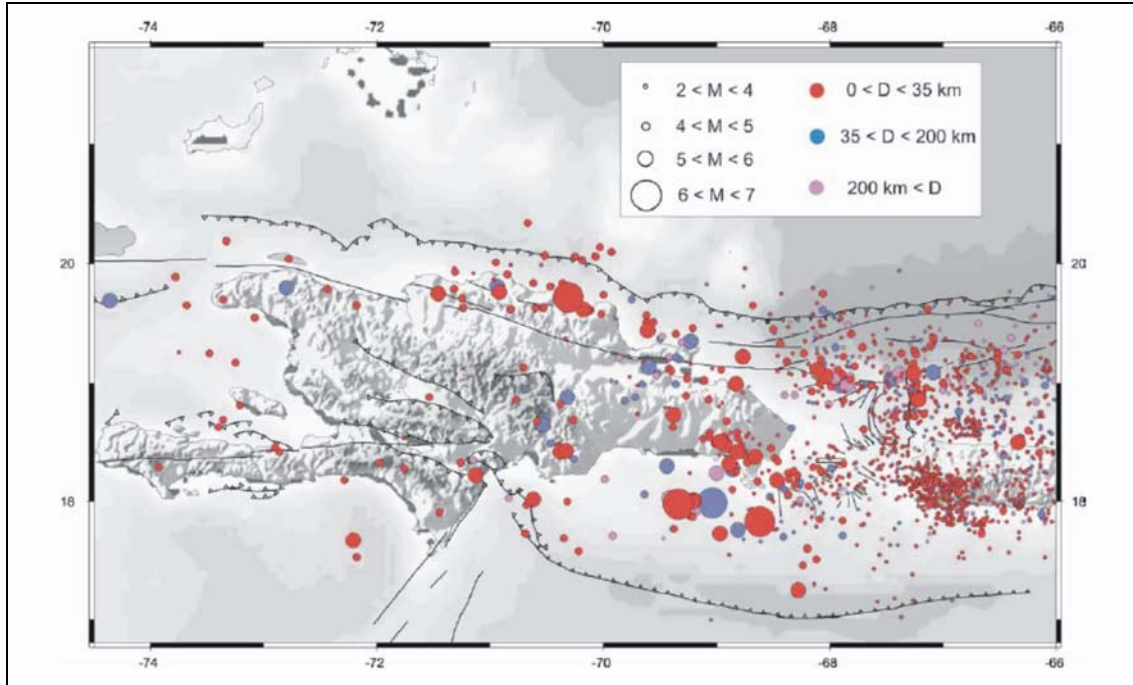


Fig. 6.1. Sismicidad instrumental de La Española (1972-2002). Catálogo NEIC-USGS (Calais, 2008)

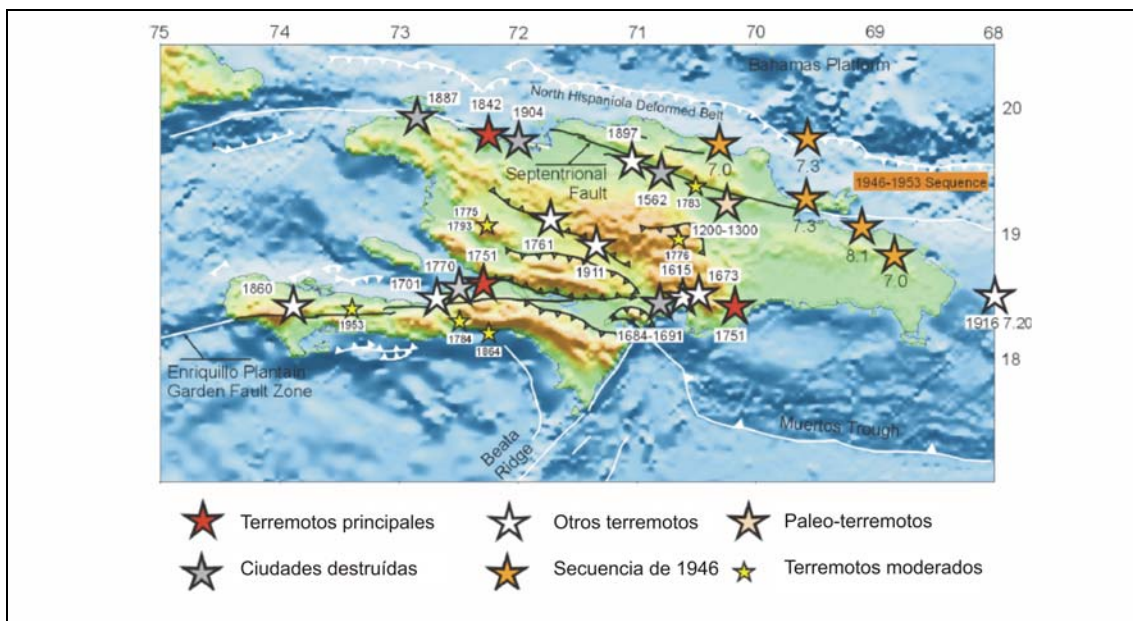


Fig. 6.2. Sismicidad histórica en La Española anterior a 1960 (Calais, 2008)

También el registro geológico reciente pone de manifiesto la actividad sísmica de la zona, tal como indican Mann *et al.* (1998), al señalar trazas de un seísmo importante en las trincheras abiertas en relación con la Zona de Falla Septentrional, en las inmediaciones de los ríos Licey (Hoja a escala 1:100.000 de Santiago, 6074) y Cenoví, proporcionando las dataciones por carbón una edad de 1030-1240 años. En el mismo ámbito tuvo lugar el seísmo que en 1562 destruyó totalmente la antigua ciudad de Santiago, situada junto a Jacagua, relacionado con la actividad de la falla de Jacagua, confirmando su actividad actual. Igualmente, el sector oriental de la Hoja se encuentra dentro de la zona afectada por los terremotos de 1842 y 1897 (Fig. 6.3).

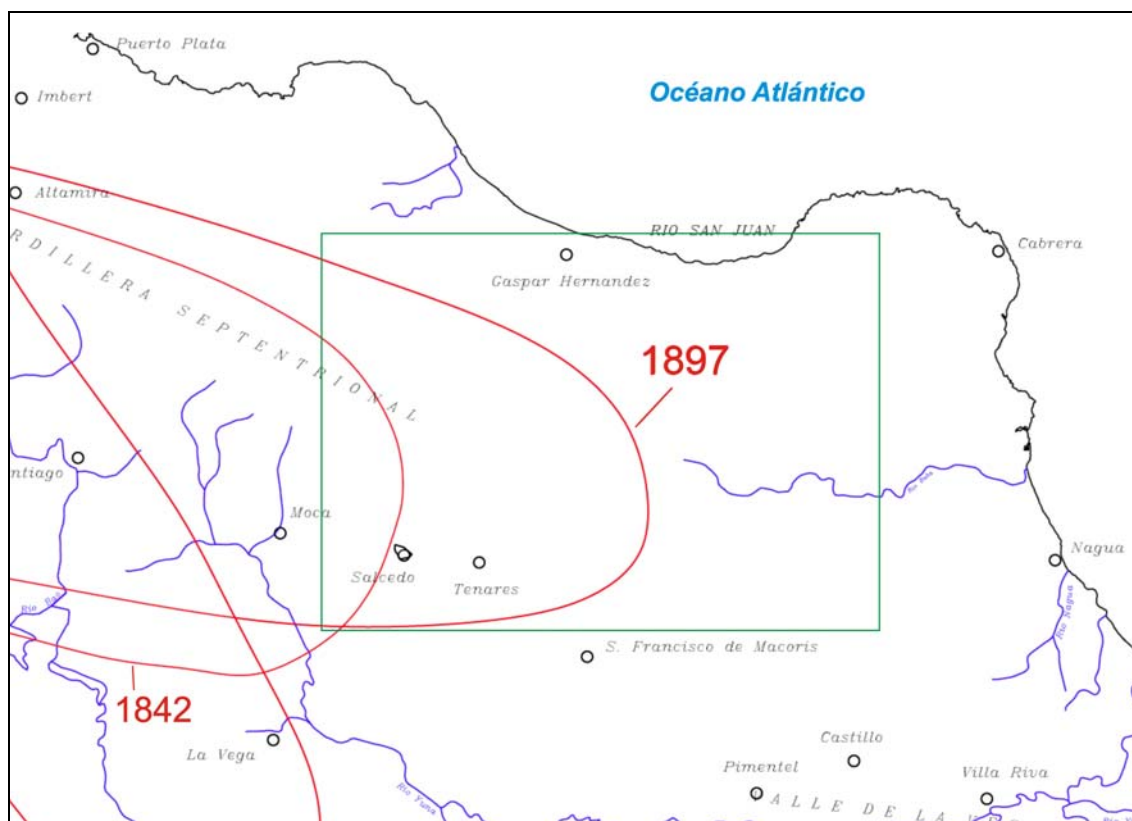


Fig. 6.3. Zonas seriamente afectadas por los principales seísmos históricos de La Española (Prointec, 1999)

Conviene reseñar por su proximidad a la Hoja, el terremoto de intensidad 6,5 que aconteció el 23 de septiembre de 2003 en la zona de Puerto Plata, que se vio severamente afectada por él, siendo el de mayor intensidad en la región desde la sucesión sísmica desencadenada entre 1946 y 1953 en el sector nororiental de La Española. La interpretación de los mecanismos focales deducidos para este terremoto sugiere que el movimiento lo produjo, probablemente, una falla inversa de plano subvertical y dirección aproximada E-O; el terremoto se originó a unos 10-15 km de profundidad y su localización más probable, a tenor de la concentración de sus

réplicas, es a unos 10 km al sur de Puerto Plata, es decir, muy próxima a la vertical del plano de la falla del Camú (Prentice *et al.*, 2003).

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.

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

Las costas haitianas y dominicanas han sido afectadas por tsunamis en diversas ocasiones, por lo que el ámbito del litoral de la Llanura Costera del Atlántico debe considerarse susceptible de sufrir este tipo de fenómenos; su vulnerabilidad se extiende varios kilómetros hacia el interior en el caso de las llanuras aluviales de los ríos principales.

6.2. Tectónica activa

En una región donde la tectónica activa es evidente, como denuncian el registro sísmico o la sucesión de terrazas marinas del Promontorio de Cabrera, se reconocen diversos rasgos que denuncian este tipo de actividad.

Sin duda, los más destacados son las *fallas*, de entre las que destaca el conjunto relacionado con la Zona de Falla Septentrional. Consiste en un sistema de *fallas en dirección* de orientación ESE-ONO, de las que la principal establece el límite entre la Cordillera Septentrional y el Valle del Cibao. Tanto ésta como las situadas al norte no son activas actualmente, si bien sus *facetas triangulares* y los *escarpes de falla degradados* indican su actividad tectónica reciente. Por el contrario, tal como indican exhaustivamente Mann *et al.* (1998), la falla de Jacagua, situada al sur, es activa actualmente (Foto 6.1), conservando su *escarpe de falla* (Foto 3.1).



Foto 6.1. Deformaciones en los abanicos aluviales del valle del Cibao, en las proximidades de la falla de Jacagua

El *frente montañoso lineal* constituido por el borde oriental de la cordillera sugiere su carácter tectónico. Otro tanto puede decirse de fallas y *fallas supuestas* que afectan a

materiales cuaternarios, tal como ocurre en el Valle del Cibao, la Llanura Costera de Nagua y el Promontorio de Cabrera.

El Promontorio de Cabrera puede considerarse como un *área elevada en movimientos de gran radio*, elevación que es máxima en el sector septentrional, lo que hace que las diversas terrazas muestren un *basculamiento* generalizado hacia el SSE. En cualquier caso, este basculamiento es mucho menos perceptible que el que determina el techo de la Fm Los Haitises en el sector occidental, hacia el NNE, como consecuencia de la componente vertical de la falla Septentrional; este basculamiento es confirmado por el *rumbo* y suave *buzamiento* observado en diversos puntos. También se encuentran sometidos a *movimientos ascendentes de gran radio*, los abanicos más orientales del Valle del Cibao, en este caso en relación con la elevación del *Ridge* de San Francisco, del que constituyen su extremo noroccidental.

La tectónica activa también se manifiesta a través de diversos rasgos relacionados con la red de drenaje, como son las *pendientes anómalas por exceso*, las *inflexiones bruscas* de algunos de sus elementos, los *encajamientos anómalos* y las *capturas*.

En relación con la tendencia ascendente de la región, las terrazas marinas del Promontorio de Cabrera ofrecen los mejores argumentos para el establecimiento de una tasa de elevación regional, pese a la precariedad de dataciones existente, si bien los valores obtenidos deben tomarse como una aproximación debido al número de imprecisiones e incertidumbres acumulados en su cálculo. Asumiendo la correlación de la terraza inferior de Cabo Francés Viejo (t_1) con la inferior de la Llanura Costera del Caribe (Braga, 2010) y estableciendo la edad de 121 ± 9 ka calculada por Schubert y Cowart (1982) en ella, resulta una tasa de elevación de 0,17 mm/año (Fig. 4.3). Igualmente, en el sector suroriental, donde los niveles inferiores muestran una altitud menor, la tasa resultante para la terraza inferior resulta ser de 0,07 mm/año.

Resulta bastante probable que la tasa haya variado con el tiempo; en este sentido, tomada la cota máxima de +445 m alcanzada por la Fm Los Haitises en el Promontorio de Cabrera dentro de la vecina Hoja de Nagua (6274) y suponiendo que su ascenso se iniciase durante el Plioceno (3,5 Ma), la tasa de elevación sería de 0,13 mm/a; igualmente, tomando el final del Pleistoceno Inferior (781 ka) como el inicio de la elevación (el otro extremo en el impreciso intervalo del depósito de la formación), la tasa se incrementa hasta 0,57 mm/año, cifra considerablemente superior, pero también dentro del orden de magnitud de la estimada en el nivel inferior (0,17 mm/año).

En cualquier caso, las tasas de elevación obtenidas para la Fm Los Haitises en el Promontorio de Cabrera resultan sensiblemente inferiores a las calculadas en otros puntos de la Cordillera Septentrional. Así, teniendo en cuenta la cota máxima alcanzada por dicha unidad (967 m en la loma El Mogote) y suponiendo que su ascenso se iniciase a comienzos del Plioceno Superior, la tasa de elevación sería de 0,27 mm/año; igualmente, tomando el final del Pleistoceno Inferior (781 ka) como el inicio de la elevación, la tasa se incrementa hasta 1,24 mm/año, valor sensiblemente superior a los calculados en el Promontorio de Cabrera y en otras zonas de La Española, como la Cordillera Oriental (Hoja a escala 1:50.000 de Sabana de la Mar, 6373-III) y la Llanura Costera del Caribe (Hoja a escala 1:50.000 de Santo Domingo, 6271-III).

6.3. Actividad asociada a movimientos de laderas

Se trata de una actividad muy destacada en la Cordillera Septentrional, tanto por la extensión de su ámbito de actuación como por su incidencia sobre la población en algunas zonas.

En este sentido, cabe destacar los *deslizamientos* (Foto 6.2), con sus *cicatrices* características, que adquieren un espectacular desarrollo en la vertiente meridional de la cordillera al oeste de Tenares, así como en la vertiente oriental de los relieves de Monte Llano y de la loma Los Peñones, áreas donde convergen los factores favorables a este tipo de procesos: elevadas pendientes, existencia de un sustrato margoso, elevada pluviometría y actividad sísmica. A diversas escalas, la actividad en estas zonas es prácticamente continua, como puede observarse en las diversas carreteras que las transitan (Foto 6.3).

Una idea de los riesgos que pueden ir aparejados con este tipo de fenómenos, la proporcionan los diversos sucesos acaecidos en épocas recientes en el área de Tamboril (Hoja a escala 1:100.000 de Santiago, 6274), cuya manifestación más reciente se produjo el 10 de febrero de 2009 en Carlos Díaz, en condiciones geológicas equivalentes a las existentes en las zonas señaladas de la Hoja. Por ello, en la cartografía se han señalado las *áreas susceptibles de sufrir grandes deslizamientos*, entendiéndose por tales los de orden hectométrico a kilométrico.

También denotan actividad gravitacional los *coluviones*, localizados igualmente en las zonas montañosas, tratándose de formas efímeras debido a la continua dinámica de las vertientes.

Junto a las anteriores, pero con carácter puntual, es preciso señalar las *caídas de bloques*, de envergadura variable, asociada a los acantilados (actuales y fósiles), y a los escarpes estructurales de la Fm Los Haitises.



Foto 6.2. Deslizamiento al oeste de José Contreras

6.4. Actividad asociada a procesos de erosión

El enérgico relieve de la Cordillera Septentrional hace que se hayan considerado diversas *áreas sometidas a una intensa erosión*, especialmente destacadas en el macizo de Río San Juan, donde el desarrollo alcanzado por las argilizaciones favorece el desarrollo de los procesos erosivos. Cabe señalar en este sentido la depresión de Canete, cuyos afloramientos están constituidos principalmente por los Conglomerados de La Piragua y cuya intensa erosión parece estar ocasionada por su reciente captura por parte del río Boba.

La principal manifestación de los procesos erosivos viene dada por la *incisión lineal* ligada a la actividad de la red de drenaje, siendo muy destacada la *erosión lateral del cauce*, especialmente en el caso de los ríos principales, fenómeno que favorece las

frecuentes modificaciones de su curso principal. En diversas zonas también se observa el desarrollo de *cárcavas*.



Foto 6.3. Deslizamiento en la carretera Gaspar Hernández-Tenares

En relación con la dinámica litoral de carácter erosivo (Foto 6.4), se restringe a los *acantilados*, esculpidos en el nivel inferior de la Fm La Isabela y, en menor medida, en las Peridotitas Serpentinizadas de Gaspar Hernández.

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, el desarrollo lacustre-endorreico, la dinámica litoral y, en general, con cualquier tipo de proceso generador de flujos acuosos o aportes sedimentarios susceptibles de acumularse en áreas deprimidas.

Los procesos de inundación y sedimentación actúan de forma prácticamente continua sobre los *fondos de valle* de los ríos y arroyos de la zona, a diferencia de las *llanuras de inundación* (Foto 6.5) y los *cauces y meandros abandonados* en ellas (Foto 6.6), en los que las inundaciones se producen de forma estacional; por su envergadura es digna de destacar la llanura aluvial de los ríos Boba y Yásica. Los *conos de deyección*

poseen una funcionalidad menos predecible, lo que dificulta su tratamiento, pudiendo dar lugar a violentos depósitos de masas con una participación acuosa variable.



Foto 6.4. Erosión del litoral en la carretera Gaspar Hernández-Río San Juan

El régimen pluviométrico de la región hace que las *lagunas* y *áreas pantanosas* aparezcan como áreas inundadas o encharcadas, si bien pueden hacerlo de forma *permanente* o *estacional*. También son susceptibles de sufrir este tipo de procesos las *áreas endorreicas*.

Asociadas con la dinámica litoral actual se encuentran las *marismas*, además de las *playas* y los *cordones litorales*, con sus características *líneas de crecimiento*. En relación con procesos de inundación en la franja litoral, no deben olvidarse los potenciales efectos que podría ocasionar la ocurrencia de un tsunami ni los más frecuentes debidos a la llegada de tormentas tropicales y huracanes; 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 de la Llanura Costera del Atlántico.

También pueden convertirse en áreas inundadas tras lluvias intensas las innumerables depresiones de origen kárstico de los afloramientos calcáreos del Mb La Piedra y de

las Fms. Los Haitises y La Isabela, especialmente en las depresiones revestidas por un importante depósito de arcillas de descalcificación.



Foto 6.5. Variación de caudal en la llanura de inundación del río Jamao, junto a Jamao al Norte



Foto 6.6. Inundación en un cauce abandonado

6.6. Actividad asociada a litologías especiales

También se relacionan con los afloramientos de naturaleza calcárea, destacando las *extensas áreas con depresiones por disolución sin representación cartográfica individualizada* de las regiones de Monte Llano, la loma Los Peñones, Guayabito y Promontorio de Cabrera, desarrolladas en mayor medida en relación con la Fm Los Haitises. No obstante, también son abundantes las *depresiones por disolución* cuyas dimensiones han posibilitado su representación cartográfica individualizada. Evidenciando la actividad kárstica, aunque con efectos menos perceptibles, hay que señalar el extenso *lapiaz desnudo* desarrollado en los afloramientos de las unidades citadas.

Además de los procesos de disolución, es preciso tener en cuenta los potenciales procesos de colapso (Foto 6.7) que podrían generarse como consecuencia del desarrollo del endokarst, originando en su caso dolinas en superficie.



Foto 6.7. Pequeño colapso por procesos de disolución en las calizas de la Fm Los Haitises en el Promontorio de Cabrera

6.7. Actividad antrópica

Pese a la evidente actividad antrópica de la zona, se consideran en este apartado únicamente los procesos relacionados con modificaciones sustanciales del relieve, consistentes en la existencia de una *zona ganada a un manglar*, como consecuencia de la acumulación de material de relleno en el litoral de la Llanura Costera del Atlántico.

7. BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- DE ZOETEN, R. (1988).** Structure and stratigraphy of the central Cordillera Septentrional, Dominican Republic. Tesis Doctoral, Universidad de Texas, Austin, 299 pp.
- 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., MANN, P. (1998).** Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Geological Society of America Special Paper, 326, 174 pp.
- DOLAN, J.F., MULLINS, H.T., WALD, D.J. (1998).** Active tectonics of the north-central Caribbean: Oblique collisison, strain partitioning and opposing subducted slabs. En: DOLAN, J.F., MANN, P. (Eds.). Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Geological Society of America Special Paper, 326, 1-61.
- 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.
- GUERRA PEÑA, F. (1966)** Las Regiones Fisiográficas de la Isla de Santo Domingo. Unión Geográfica Internacional. Conferencia Regional Latinoamericana, III.
- IGME (2004).** Mapa Geomorfológico y de Procesos activos susceptibles de constituir Riesgo geológico a escala 1:100.000. Guía para su elaboración. (Inédito).

- LEWIS, J.F. (1980).** Resume of the geology of Hispaniola. En: Guía de Campo de la 9th Conferencia Geológica del Caribe, 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., LEWIS, J.F. (1991).** An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola. En: MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (Eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 1-28.
- MANN, P., PRENTICE, C.S., BURR, G., PEÑA, L.R., TAYLOR, F. W. (1998).** Tectonic geomorphology and paleoseismology of the Septentrional fault system, Dominican Republic. 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, 63-124.
- MARCANO, E., TAVARES, I. (1982).** Formación La Isabela, Pleistoceno temprano. Publicaciones especiales Museo Nacional de Historia Natural, 3, Santo Domingo, 30 pp.
- OBIOLS, A., PERDOMO, R. (1966).** Atlas de información básica existente y lineamientos para la planificación del Desarrollo integral de la RD. Guatemala.
- PRENTICE, C., MANN, P., PEÑA, L., BURR, G. (2003).** Slip rate and earthquake recurrence along the central Septentrional fault, North American-Caribbean plate boundary, Dominican Republic, J. Geophys. Res., 108, 3, 2149.
- 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.
- 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.

WINSLOW, M. A., GUGLIELMO, G. jr., NADAI, A. C., VEGA, L., McCANN W. R. (1991). Tectonic evolution of the San Francisco Ridge of the eastern Cibao Basin, northeastern 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, 301-313.