



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL  
REPÚBLICA DOMINICANA

**MAPA GEOLÓGICO**  
**DE LA REPÚBLICA DOMINICANA**

**ESCALA 1:50.000**

**SABANETA DE YÁSICA**  
**(6175-III)**

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

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

#### CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

#### COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

#### INFORME DE LAS FORMACIONES ARRECIFALES DEL NEÓGENO Y CUATERNARIO

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

#### MICROPALEONTOLOGÍA

- Dr. Luis Granados (Geólogo Consultor)

#### PETROGRAFÍA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

- Dra. Ana Alonso (Universidad Complutense de Madrid, España)
- Dra. María José Herrero (Universidad Complutense de Madrid, España)

#### GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

#### GEOMORFOLOGÍA Y PROCESOS ACTIVOS

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

#### MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS

- Ing. Eusebio Lopera (IGME)

#### TELEDETECCIÓN

- Ing. Juan Carlos Gumiel (IGME)

#### INTERPRETACIÓN DE LA GEOFÍSICA AEROTRANSPORTADA

- Dr. José Luis García Lobón (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 Ciencias de la Tierra Jaime Almera del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona, España)

#### SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DEL Servicio Geológico Nacional

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

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

Se pone en conocimiento del lector que en el Servicio Geológico Nacional existe una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria, constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones
- Fichas petrográficas o micropaleontológicas de cada una de las muestras
- Mapa de muestras
- Álbum de fotos
- Lugares de Interés Geológico

En el Proyecto se han realizado otros productos cartográficos relacionados con la Hoja:

- Mapas Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico del Cuadrante a escala 1:100.000 de Sabaneta de Yásica (6175) y Memoria adjunta
- Mapa de Recursos Minerales del Cuadrante a escala 1:100.000 de Sabaneta de Yásica (6175) y Memoria adjunta
- Geoquímica de Sedimentos Activos y Mineralometría. Mapa a escala 1:150.000 y Memoria adjunta

Y los siguientes Informes Complementarios:

- Informe sobre las Formaciones Arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana
- Informe Estratigráfico y Sedimentológico del Terciario
- Informe de Petrología y Geoquímica de las Rocas ígneas y metamórficas
- Informe de Interpretación de la Geofísica Aerotransportada
- Informe de las Dataciones absolutas realizadas por el método Ar/Ar
- Informe de las Dataciones absolutas realizadas por el método U/Pb
- Informe/Catálogo de macroforaminíferos seleccionados

## RESUMEN

La Hoja a escala 1:50.000 de Sabaneta de Yásica (6175-III) se encuentra situada en el sector septentrional de la República Dominicana. Su exiguo territorio emergido se reparte entre el macizo de El Choco, pequeño subdominio de la Cordillera Septentrional, y la Llanura Costera del Atlántico.

Los materiales más antiguos, depositados durante el Neógeno, afloran en los bordes del macizo, correspondiendo a la sucesión margoso-calcárea de la Fm Villa Trina, generada en un contexto turbidítico. Sobre ellos, constituyendo la mayor parte de los afloramientos del macizo, se disponen las calizas de plataforma de la Fm Los Haitises, depositada durante el Plioceno-Pleistoceno.

La Llanura Costera del Atlántico está constituida por sedimentos cuaternarios de origen fluvial, lacustre y, principalmente, marino-litoral, destacando entre éstos las construcciones arrecifales de la Fm La Isabela, de edad pleistocena.

La estructura superficial del macizo es la de un bloque basculado hacia el norte, en respuesta a la actividad de la falla del Camú, que limita el macizo al sur de la Hoja. Esta estructura general se encuentra enmascarada por una densa red de fracturación de dirección predominante ENE-OSO.

La evolución de la zona supone su ascenso continuo desde el Plioceno, con la consiguiente ganancia de terreno al mar y la retirada progresiva de éste cuyo principal resultado son las plataformas de abrasión escalonadas esculpidas en el macizo y las marismas abandonadas de la llanura costera.

## ABSTRACT

The 1:50.000 Sabaneta de Yásica Sheet (6175-III) is located in the northern sector of the Dominican Republic. His land territory is divided between the massif of El Choco, small subdomain of the Cordillera Septentrional, and the Llanura Costera del Atlántico.

Older materials, deposited during the Neogene times, outcrop on the massif periphery, corresponding to Villa Trina Fm, marl-limestone succession generated in a turbidite basin. Above them, constituting most of the massif outcrops, rests Los Haitises Fm, shelf limestone deposited during the Pliocene-Pleistocene times.

The Llanura Costera del Atlántico consists of fluvial, lacustrine and mainly marine-littoral quaternary sediments, highlighting La Isabela Fm, pleistocene reef construction.

The massif structure consists in a block tilted to north, in response to Camú fault activity, fault which limits the massif at south Sheet limit. This structure is masked by a ENE-WSW dense family faults.

Evolution zone is based on continuous uplift from the Pliocene times, increasing land and moving back coast line simultaneously. Main results are graded abrasion platforms in massif of El Choco and abandoned marshes of the Llanura Costera del Atlántico.

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	10
1.1.	Metodología .....	10
1.2.	Situación geográfica .....	13
1.3.	Marco geológico.....	17
1.4.	Antecedentes .....	19
2.	ESTRATIGRAFÍA .....	22
2.1.	Cenozoico .....	22
2.1.1.	Neógeno.....	22
2.1.1.1.	Fm Villa Trina (1) Margas con intercalaciones de calizas. Mb La Piedra (2) Calizas y margas. Mioceno Medio-Plioceno Inferior $N_1^2$ - $N_2^1$ .....	24
2.1.1.2.	Fm Los Haitises (3). Calizas arrecifales y calizas. Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior $N_2^2$ - $Q_1$ .....	26
2.1.2.	Cuaternario .....	28
2.1.2.1.	Fm La Isabela. (4). Calizas arrecifales. Pleistoceno Superior $Q_3$ .....	28
2.1.2.2.	Fondo de dolina, uvala o poljé (5). Arcillas de descalcificación. Pleistoceno-Holoceno $Q_{1-4}$ .....	30
2.1.2.3.	Cordón litoral degradado (6). Duna fósil (7). Arenas. Holoceno $Q_4$ ..	30
2.1.2.4.	Llanura intermareal abandonada (8). Lutitas. Pleistoceno Superior-Holoceno $Q_{3-4}$ .....	31
2.1.2.5.	Llanura de inundación (9). Cauce o meandro abandonado (10). Gravas, arenas y lutitas. Holoceno $Q_4$ .....	31
2.1.2.6.	Abanicos aluviales de baja pendiente (11). Lutitas. Holoceno $Q_4$ .....	32
2.1.2.7.	Fondo de valle (12). Gravas, arenas y lutitas. Holoceno $Q_4$ .....	32
2.1.2.8.	Laguna (13). Lutitas. Holoceno $Q_4$ .....	32
2.1.2.9.	Cordón litoral (14). Arenas. Holoceno $Q_4$ .....	33
2.1.2.10.	Marisma baja (manglar) (15). Lutitas y arenas con vegetación abundante. Holoceno $Q_4$ .....	33
2.1.2.11.	Playa (16). Arenas. Holoceno $Q_4$ .....	33
2.1.2.12.	Área pantanosa (17). Lutitas. Holoceno $Q_4$ .....	34
3.	TECTÓNICA .....	35
3.1.	Contexto geodinámico y estructura general de la Cordillera Septentrional ..	35
3.2.	Estructura de la Hoja de Sabaneta de Yásica .....	39
4.	GEOMORFOLOGÍA.....	41
4.1.	Análisis geomorfológico .....	41
4.1.1.	Estudio morfoestructural .....	41

4.1.1.1.	Formas estructurales .....	42
4.1.2.	Estudio del modelado.....	43
4.1.2.1.	Formas gravitacionales .....	44
4.1.2.2.	Formas fluviales y de escorrentía superficial .....	44
4.1.2.3.	Formas lacustres y endorreicas .....	45
4.1.2.4.	Formas marinas-litorales.....	46
4.1.2.5.	Formas originadas por meteorización química .....	47
4.2.	Evolución e historia geomorfológica .....	47
4.3.	Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico .....	49
4.3.1.	Actividad sísmica .....	50
4.3.1.1.	Tsunamis.....	53
4.3.2.	Tectónica activa .....	53
4.3.3.	Actividad asociada a movimientos de laderas .....	55
4.3.4.	Actividad asociada a procesos de erosión.....	55
4.3.5.	Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación .....	56
4.3.6.	Actividad asociada a litologías especiales .....	57
5.	HISTORIA GEOLÓGICA .....	58
6.	GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	60
6.1.	Hidrogeología.....	60
6.1.1.	Climatología e hidrología .....	60
6.1.2.	Hidrogeología.....	60
6.2.	Recursos minerales .....	63
6.2.1.	Rocas Industriales.....	63
6.2.1.1.	Descripción de las Sustancias .....	64
6.2.2.	Potencial minero .....	64
6.2.2.1.	Rocas Industriales y Ornamentales .....	64
7.	LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO .....	65
7.1.	Relación de los L.I.G.....	65
7.2.	Descripción de los Lugares.....	65
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	69

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Metodología

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

Este Proyecto comprende varias zonas que junto con las ya abordadas con motivo de los proyectos previos (C, ejecutado en el periodo 1997-2000; K y L, ejecutados en el periodo 2002-2004), completan la mayor parte del territorio dominicano. El Proyecto 1B incluye, entre otros trabajos, la elaboración de 63 Hojas Geológicas a escala 1:50.000 que componen la totalidad o parte de los siguientes cuadrantes a escala 1:100.000 (Fig. 1.1):

#### Zona Norte:

- La Vega (La Vega, 6073-I; Jarabacoa, 6073-II; Manabao, 6073-III; y Jánico, 6073-IV)
- San Francisco de Macorís (Pimentel, 6173-I; Cotuí, 6173-II; Fantino, 6173-III; y San Francisco de Macorís, 6173-IV)
- Sánchez (Sánchez, 6273-I; Palmar Nuevo, 6273-II; Cevicos, 6273-III; y Villa Riva, 6273-IV)
- Samaná (Las Galeras, 6373-I; Sabana de la Mar, 6373-III; y Samaná, 6373-IV)
- Santiago (San Francisco Arriba, 6074-I; Santiago, 6074-II; San José de las Matas, 6074-III; y Esperanza, 6074-IV)
- Salcedo (Río San Juan, 6174-I; Guayabito, 6174-II; Salcedo, 6174-III; y Gaspar Hernández, 6174-IV)

## Memoria

- Nagua (Nagua, 6274-III; y Cabrera, 6274-IV)
- La Isabela (Barrancón, 5975-I; El Mamey, 5975-II; Villa Vasquez, 5975-III; y El Cacao, 5975-IV)
- Puerto Plata (Puerto Plata, 6075-II; Imbert, 6075-III; y Luperón, 6075-IV)
- Sabaneta de Yásica (Sabaneta de Yásica, 6175-III)

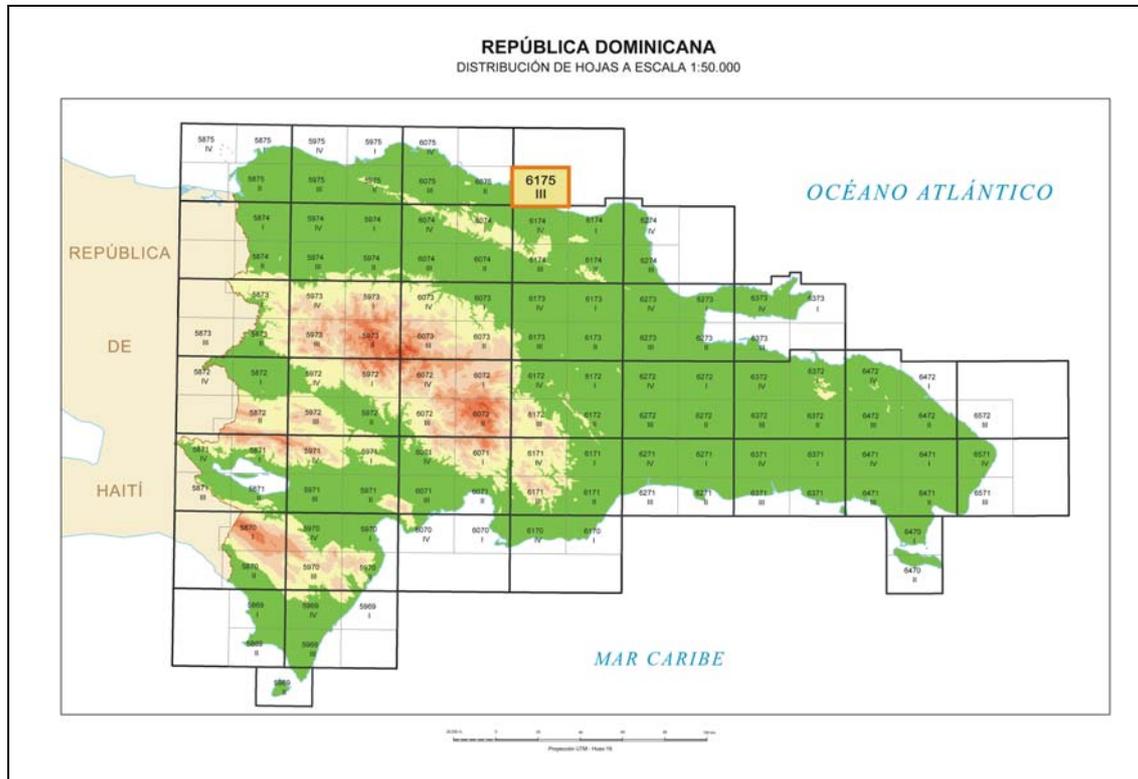


Fig. 1.1. Distribución de Hojas a escala 1:50.000 de la República Dominicana y situación de la Hoja de Sabaneta de Yásica (6175-III)

### Zona Sureste:

- La Granchorra (La Granchorra, 6470-I; y Mano Juan, 6470-II)
- Santo Domingo (Guerra, 6271-I; Boca Chica, 6271-II; Santo Domingo, 6271-III; y Villa Mella, 6271-IV)
- San Pedro de Macorís (Ramón Santana, 6371-I; Boca del Soco, 6371-II; San Pedro de Macorís, 6371-III; y Los Llanos, 6371-IV)
- La Romana (Higüey, 6471-I; San Rafael del Yuma, 6471-II; La Romana, 6471-III; y Guaymate, 6471-IV)
- Juanillo (Juanillo, 6571-III; y Pantanal, 6571-IV)
- Las Lisas (La Vacama, 6472-I; y El Salado, 6472-II)
- Bávaro (Bávaro, 6572-III)

Zona Sur:

- Sabana Buey (Sabana Buey, 6070-I)
- Baní (Nizao, 6170-I; y Baní, 6170-IV)

Zona Suroeste:

- Isla Beata (Isla Beata, 5868-I)
- Cabo Rojo (Cabo Rojo, 5869-I; y Punta Ceminche, 5869-II)
- Enriquillo (Enriquillo, 5969-I; Oviedo, 5969-III; y Arroyo Dulce, 5969-IV)
- Pedernales (Puerto Escondido, 5870-I; y Pedernales, 5870-II)
- Barahona (La Ciénaga, 5970-II; y Polo, 5970-III)

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, con frecuentes visitas a sus territorios; por ello, a lo largo de la presente Memoria son frecuentes las referencias a otras Hojas, en especial a la de Gaspar Hernández (6174-IV).

Durante la realización de la Hoja a escala 1:50.000 de Sabaneta de Yásica se ha utilizado la información disponible de diversa procedencia, así como las fotografías aéreas a escala 1:40.000 del Proyecto MARENA (1983-84) y las imágenes de satélite Spot P, Landsat TM y SAR. Para la identificación y el seguimiento de estructuras profundas o subaflorantes, ha sido de gran utilidad el Mapa de Gradiente vertical de la República Dominicana (Fig. 1.2).

Los recorridos de campo se complementaron mediante fichas de control en las que se registraron los puntos de toma de muestras (petrológicas, paleontológicas y sedimentológicas), datos de tipo estructural y fotografías. De forma coordinada con la elaboración de la Hoja, se realizó la cartografía Geomorfológica y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico del cuadrante correspondiente, a escala 1:100.000 (Sabaneta de Yásica, 6175-III).

Todos los trabajos se efectuaron de acuerdo con la normativa del Programa Nacional de Cartas Geológicas a escala 1:50.000 y Temáticas a escala 1:100.000 de la República Dominicana, elaborada por el Instituto Tecnológico y Geominero de España y el Servicio Geológico Nacional de la República Dominicana, e inspirada en el

Modelo del Mapa Geológico Nacional de España a escala 1:50.000, 2ª serie (MAGNA).

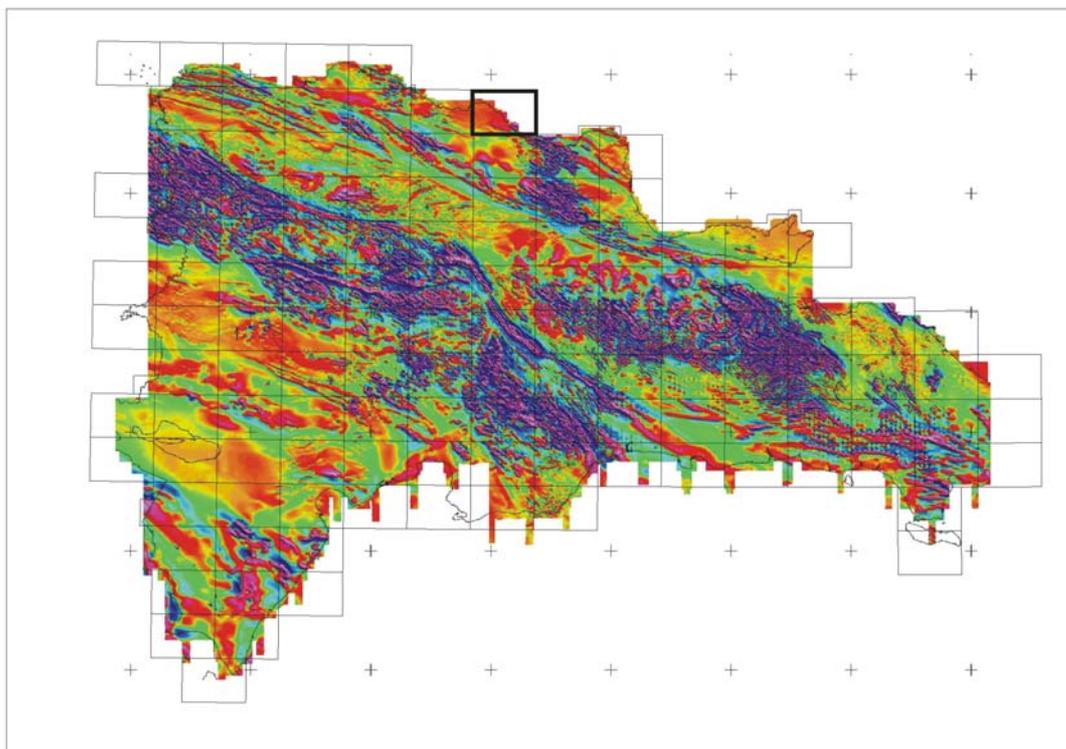


Fig. 1.2. Mapa de Gradiente vertical de la República Dominicana (Ayala *et al.*, *in press*)

## 1.2. Situación geográfica

La Hoja a escala 1:50.000 de Sabaneta de Yásica (6175-III) se encuentra situada en el sector septentrional de la República Dominicana, en el ámbito del litoral atlántico. La mayor parte de su territorio pertenece a la provincia de Puerto Plata, concretamente al municipio de Sosúa, exceptuándose el sector suroriental y una minúscula porción del meridional, pertenecientes a los municipios de Gaspar Hernández y Jamao al Norte, respectivamente, ambos incluidos en la provincia de Espaillat. Su fisiografía queda definida por la presencia del macizo de El Choco, pequeño subdominio de la Cordillera Septentrional, al norte del cual se extiende la Llanura Costera del Atlántico, tratándose de dos de los principales dominios fisiográficos de la República Dominicana (Fig. 1.3).

La Cordillera Septentrional es una alineación montañosa de dirección ESE-ONO que se extiende con una anchura cercana a 40 km a lo largo de unos 200 km, entre Monte

Cristi y Nagua (Fig. 1.4). Incluye dominios 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, muestra una marcada asimetría, con una vertiente sur reducida y de elevadas pendientes, y una vertiente norte muy extensa, cuya superficie envolvente posee una pendiente baja. Dentro de su sector septentrional, el macizo de El Choco constituye un dominio de fisonomía peculiar (Fig. 1.5), a modo de superficie estructural incidida por una intensísima acción de los procesos de karstificación; los restos de la superficie están integrados por la cumbre de una multitud de cerros o montículos (*hums* o *haitises*) entre los que se intercala una densa red de dolinas, configurando un espectacular relieve en “caja de huevos” (*cockpits*). Su máxima cota alcanza 372 m. Debido a la naturaleza kárstica de estos relieves, los drenajes superficiales están restringidos a los bordes del macizo, en los que aflora el sustrato margoso.

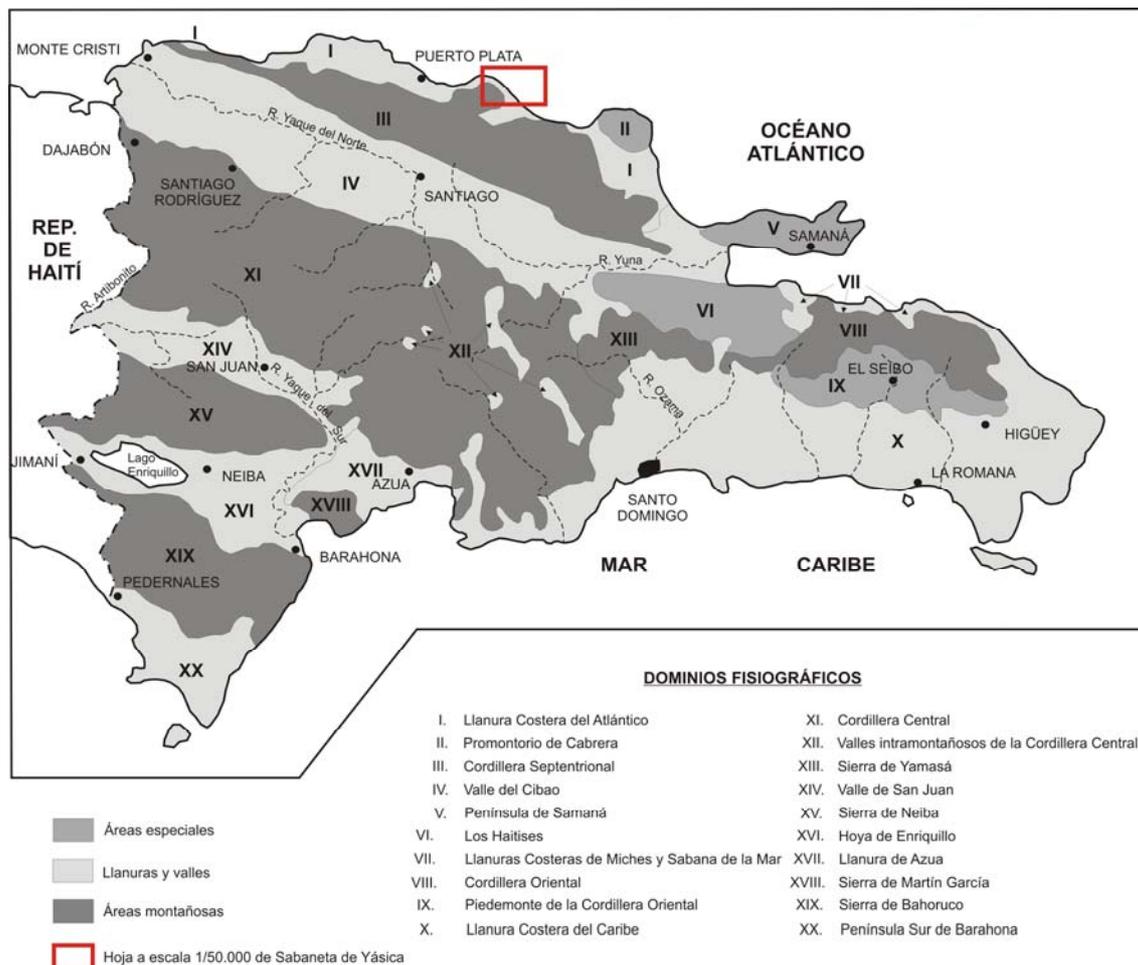


Fig. 1.3. Esquema de situación de la Hoja de Sabaneta de Yásica en relación con los principales dominios fisiográficos de la República Dominicana (De la Fuente, 1976, modificado)

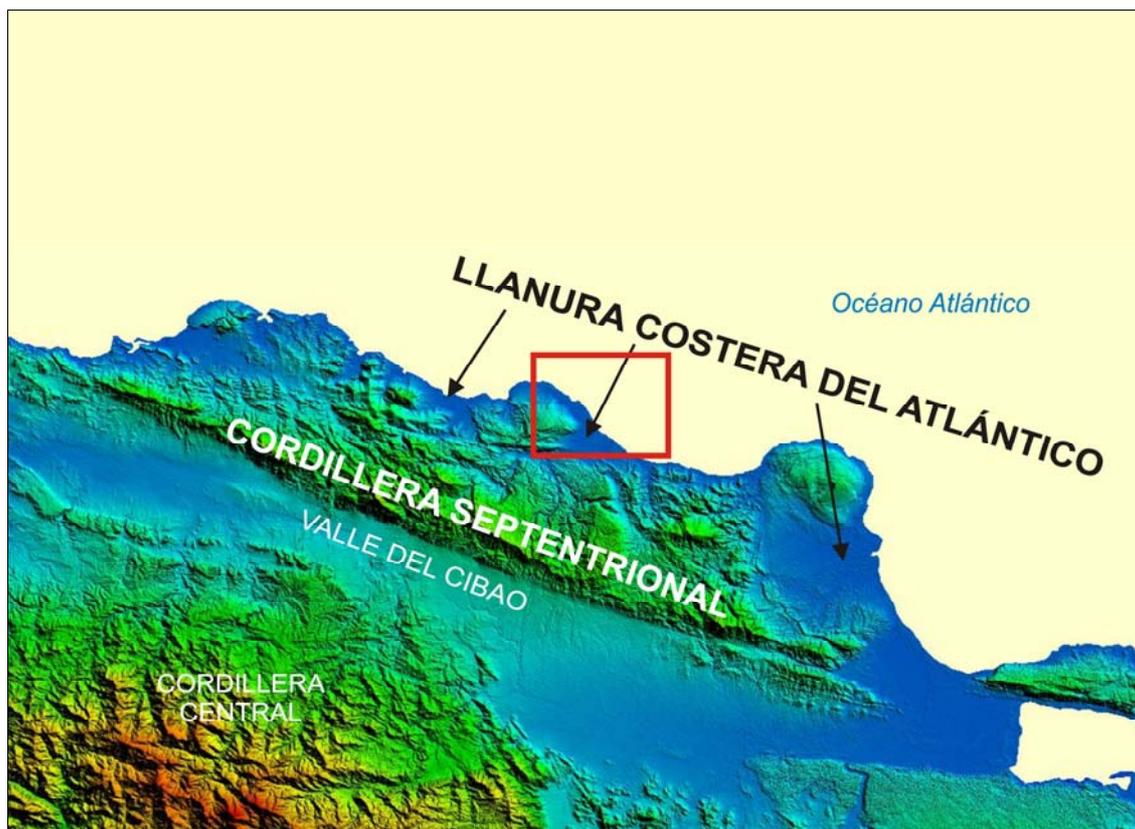


Fig. 1.4. Modelo digital del terreno de la Cordillera Septentrional y de la Llanura Costera del Atlántico

La Llanura Costera del Atlántico está bien representada, apareciendo como una planicie dispuesta a cotas inferiores a 100 m y en la mayor parte de los casos, a 20 m. Su anchura varía entre 1 km en Puerto Cabarete y más de 5 km en el valle del río Yásica, que puede considerarse un subdominio de la Llanura (Fig. 1.5). En su seno alberga áreas pantanosas y lagunas, de entre las que destaca la de Cabarete. Excepto en su extremo noroccidental, configurado por pequeños acantilados, su litoral posee un carácter predominante de costa baja, con desarrollo de manglares, cordones litorales y playas.

Los principales rasgos morfodinámicos de la Hoja son la intensa meteorización química del macizo y la actividad litoral de la Llanura costera, que sufre un incremento progresivo de su área a expensas del mar. Pese a la elevada pluviometría de la región, posee una modesta red de drenaje, de entre la que destaca con mucho el río Yásica, junto al que cabe señalar el río La Catalina, los arroyos La Punta y La Catalina y la cañada Arroyo Seco.

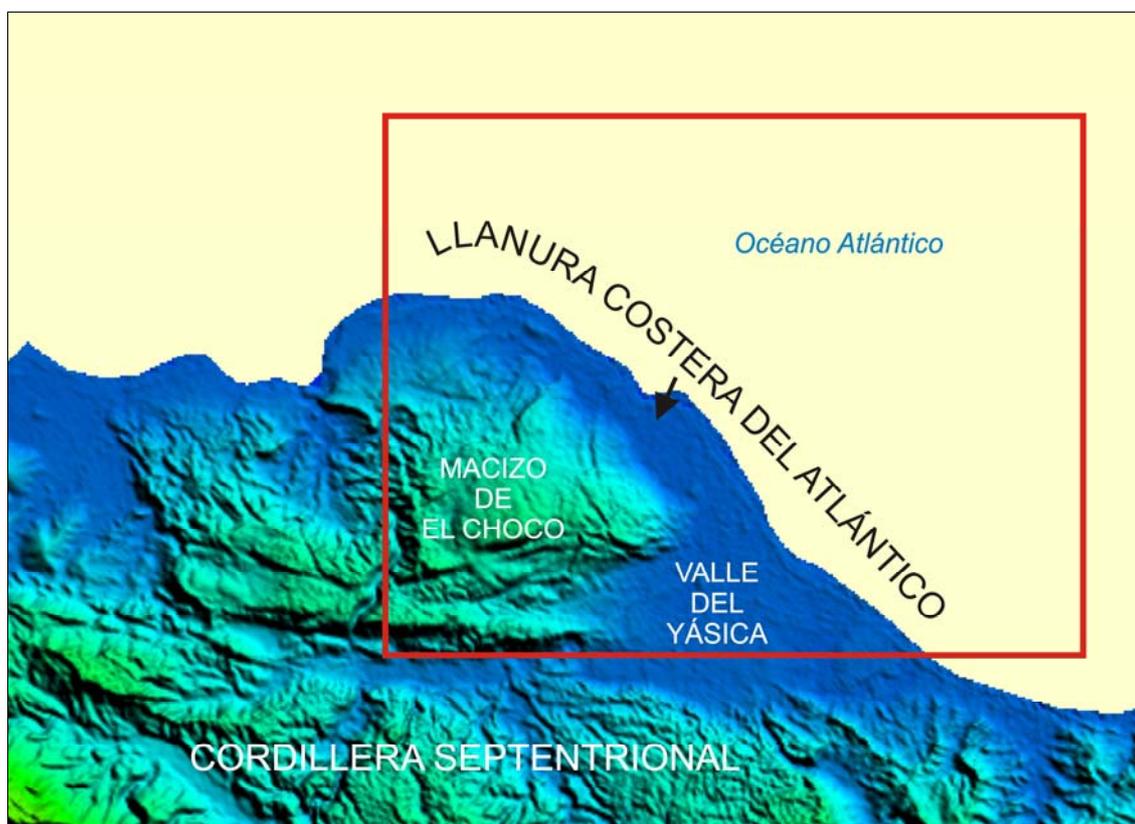


Fig. 1.5. Dominios fisiográficos en el ámbito de la Hoja de Sabaneta de Yásica

La región posee un típico clima tropical (De la Fuente, 1976), suavizado por su carácter insular, con temperaturas medias de 24-26° C y precipitaciones de 1.800-2.000 mm/año; es frecuente la llegada de tormentas tropicales y huracanes, especialmente concentrados entre septiembre y octubre, observándose variaciones estacionales ligeras, siendo algo más acusadas las diarias. En cuanto a la evapotranspiración potencial, sus valores varían entre 1.500 y 1.600 mm/año.

La vegetación es de tipo húmedo subtropical, variando notablemente según los dominios. Así, el macizo se caracteriza por una exuberante vegetación de tipo húmedo subtropical, que contrasta con los extensos pastos y cultivos de la llanura costera.

Su población se encuentra muy desigualmente repartida, concentrándose principalmente a lo largo de la llanura costera, donde se encuentran los principales núcleos de población: Sabaneta de Yásica y Cabarete, constituyendo éste uno de los principales centros turísticos de la costa norte dominicana. Por el contrario, el macizo de El Choco posee un bajo nivel de población, con zonas prácticamente deshabitadas

La actividad de la población se reparte entre los servicios, principalmente relacionados con el turismo, y la agricultura y la ganadería.

La red de comunicaciones es buena en la llanura costera, donde destaca la presencia de las carreteras Nagua-Puerto Plata y Sabaneta de Yásica-Moca, contrastando nuevamente con la precariedad del macizo, donde la red queda restringida a una serie de pistas, caminos y sendas, existiendo numerosas zonas de difícil acceso.

### **1.3. Marco geológico**

La Hoja de Sabaneta de Yásica refleja las características geológicas de los dos grandes dominios de los que forma parte, Cordillera Septentrional y Llanura Costera del Atlántico, si bien de forma muy parcial en el primer caso (Fig. 1.6). Su estructura geológica se basa en la presencia de la plataforma carbonatada plio-cuaternaria emergida constituyente del macizo de El Choco (subdominio de la Cordillera Septentrional), sin que afloren los materiales del basamento ígneo-metamórfico ni de su cobertera paleógeno-miocena, tan extensamente representados en el resto de la cordillera. Al norte y al este del macizo se dispone una estrecha franja de depósitos cuaternarios que constituyen la Llanura Costera del Atlántico.

El macizo de El Choco está integrado principalmente por rocas neógenas generadas en un régimen marino que evolucionó desde ambientes turbidíticos hasta facies de plataforma. En algunos de sus bordes afloran los materiales margoso-calcáreos de la Fm Villa Trina (Mioceno-Plioceno), sobre la que se disponen los extensos afloramientos calcáreos de la Fm Los Haitises (Plioceno-Pleistoceno).

Su estructura está condicionada por la dinámica de la falla del Camú, desgarre sinistral próximo al límite meridional de la Hoja, que además posee componente inverso, de forma que el bloque septentrional, en el que se encuentra el macizo de El Choco, constituye su bloque levantado. Este movimiento confiere al macizo una gran asimetría, con una vertiente sur reducida y de elevadas pendientes y una vertiente norte extensa y de pendientes moderadas, a modo de cuesta suavemente basculada hacia el océano Atlántico. Esta estructura original se halla retocada por diversas plataformas de abrasión escalonadas, así como por una densa red de fracturación y una intensa karstificación.

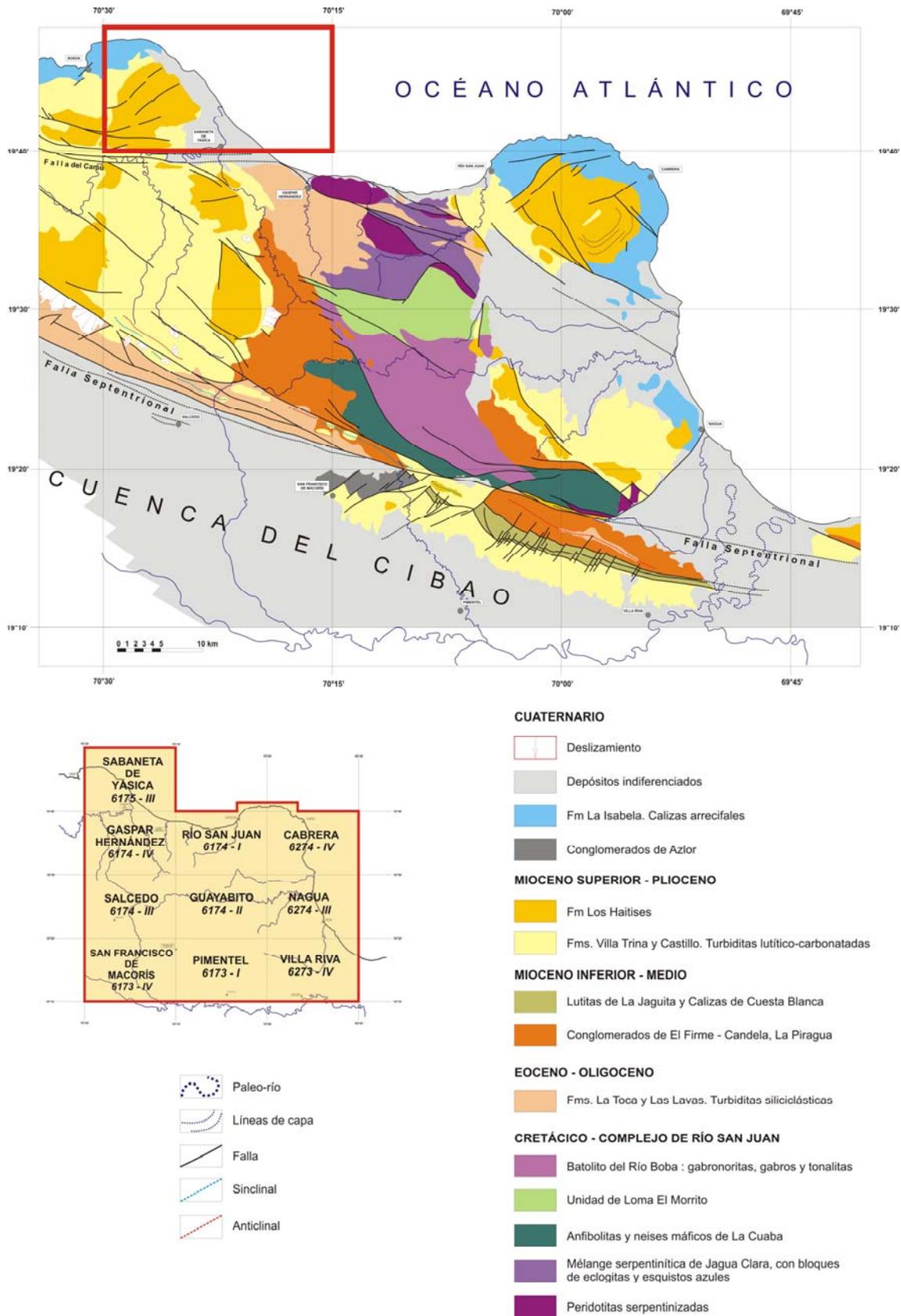


Fig. 1.6. Esquema geológico de la mitad oriental de la Cordillera Septentrional

Entre los sedimentos cuaternarios, predominan los de carácter marino de la Llanura Costera del Atlántico, destacando los niveles bioconstruidos de la Fm La Isabela y los cordones litorales. Junto a ellos es preciso señalar los depósitos de carácter fluvial, relacionados con la dinámica del río Yásica, y los de origen kárstico, ampliamente repartidos por el macizo.

#### 1.4. Antecedentes

Aunque los trabajos geológicos pioneros en la República Dominicana se remontan a la época del descubrimiento de América, el conocimiento actual se sustenta principalmente en el notable impulso que se produjo entre las décadas de los años sesenta y ochenta del pasado siglo, merced a la elaboración de una serie de tesis doctorales de carácter regional, entre las que cabe señalar las de: Bowin (1960), sobre el sector central de la República Dominicana; Nagle (1966), relativa a la geología del sector de Puerto Plata; Mann (1983), centrada en aspectos estructurales y estratigráficos de La Española y Jamaica; Boisseau (1987), que precisa la estructura del flanco nororiental de la Cordillera Central; Mercier de Lepinay (1987), ambicioso estudio estratigráfico y estructural de la isla para establecer su interpretación geodinámica; De Zoeten (1988), acerca de la estratigrafía y la estructura de la Cordillera Septentrional; y Dolan (1988), que aborda la sedimentación paleógena en las cuencas orientales de las Antillas Mayores.

Por sus aportaciones estratigráficas y tectónicas más específicas de la cordillera hay que señalar el trabajo de Eberle *et al.* (1982). Igualmente, dentro de la auténtica puesta al día de los conocimientos geológicos acerca de La Española que supuso la interesante monografía de Mann *et al.* (1991a) para la Sociedad Geológica de América, y que constituye un documento básico para trabajos posteriores, diversos artículos abordan de forma específica aspectos estratigráficos y estructurales de la Cordillera Septentrional, como los de: Mann *et al.* (1991b), que tratan los principales rasgos geodinámicos; Pindell y Draper (1991), que establecen la estratigrafía del área de Puerto Plata y proponen su historia geológica; Draper y Nagle, que hacen lo propio en la región de Río San Juan; y De Zoeten y Mann (1991), que inciden en la estructura del sector central de la cordillera.

El volumen anterior va acompañado de una notable cartografía de síntesis a escala 1:150.000 (De Zoeten *et al.*, 1991), siendo preciso destacar también como documento

cartográfico de síntesis el mapa a escala 1:250.000 efectuado por la Dirección General de Minería y el Instituto Cartográfico Universitario en colaboración con la Misión Alemana (1991).

La evidente tectónica activa de la región ha sido objeto de múltiples publicaciones, teniendo su primera referencia importante en el trabajo de Mann *et al.* (1984), dentro del contexto del límite de placas. Posteriormente, cabe destacar los trabajos de Calais *et al.* (1989, 1992), así como los incluidos en el volumen monográfico editado por la Sociedad Geológica de América (Dolan y Mann, 1998) centrado en el límite septentrional de la placa del Caribe, siendo de especial interés para la zona de estudio los trabajos 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, y Dolan y Wald, que profundiza en la actividad sísmica reciente.

Como resultado de todos los trabajos previos, la Sociedad Geológica de América (Mann *et al.*, 1999) organizó una excursión de campo por la Cordillera Septentrional, a fin de dar a conocer aspectos relacionados con el límite entre las placas del Caribe y Norteamérica, cuyo resumen se incluye en la guía de campo correspondiente.

Los conocimientos acumulados fueron reforzados por datos concretos del desplazamiento relativo entre las placas Caribeña y Norteamericana, obtenidos mediante GPS (DeMets, 2000) y que han constatado el movimiento diferencial de bloques o “microplacas” dentro de La Española (Mann *et al.*, 2002).

Entre los trabajos más recientes es preciso señalar las monografías elaboradas a partir de la información acumulada en los anteriores proyectos del Programa SYSMIN: Pérez-Estaún *et al.* (2002), relacionada con el Proyecto C, desarrollado fundamentalmente en la Cordillera Central y la cuenca de Ázua; y Pérez-Estaún *et al.* (2007), relacionada con los proyectos K y L, desarrollados básicamente en las cordilleras Central y Oriental, las sierras de Bahoruco y Neiba y las cuencas de Enriquillo y del Cibao.

Debido a las características geológicas de la zona, sin duda el trabajo de mayor interés para la realización de la Hoja ha sido el informe elaborado por Braga (2010) dentro del presente proyecto, en el que además de tener en cuenta los datos aportados por los trabajos previos, se 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 Sabaneta de Yásica.

En cuanto a los estudios de índole geomorfológica, son escasos, al igual que en el resto de la República Dominicana. De entre ellos, hay que resaltar el libro *Geografía Dominicana* (De la Fuente, 1976), que además de aportar una abundante cantidad de datos geográficos e ilustraciones, apunta numerosas consideraciones de orden geomorfológico; sus denominaciones geográficas han servido de referencia durante la realización del presente trabajo.

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

## 2. ESTRATIGRAFÍA

En la Hoja a escala 1:50.000 de Sabaneta de Yásica afloran exclusivamente materiales cenozoicos, que constituyen dos conjuntos netamente diferenciados (Fig. 2.1):

- Materiales neógenos, constituyentes del macizo de El Choco. Se trata de una sucesión de rocas sedimentarias de origen marino fracturadas y basculadas hacia el norte.
- Materiales cuaternarios, que constituyen la Llanura Costera del Atlántico y aparecen diseminados sobre el conjunto neógeno. Responden a un espectro genético variado que incluye depósitos de origen marino-litoral, fluvial, lacustre-endorreico y kárstico.

### 2.1. Cenozoico

#### 2.1.1. Neógeno

Los sedimentos neógenos son el constituyente fundamental del macizo de El Choco. Aunque su sustrato no es visible aquí, los afloramientos cercanos ponen de manifiesto que el presente conjunto se dispone sobre un paleorrelieve modelado sobre materiales paleógenos y miocenos, intensamente fracturados. Su espesor no se puede precisar al no aflorar su base, pero debe sobrepasar los 300 m. Presentan un suave basculamiento hacia el norte, prácticamente imperceptible a nivel de afloramiento, pero evidente a nivel cartográfico. Comprenden dos conjuntos:

- Fm Villa Trina. Se trata de una monótona y potente sucesión rítmica de margas con intercalaciones calcáreas (unidad 1), atribuida al Mioceno-Plioceno. Se extiende ampliamente por la Cordillera Septentrional y fue definida por Vaughan *et al.* (1921) junto a la localidad de Villa Trina (actualmente denominada José Contreras). Este conjunto margoso intercala niveles calcáreos de naturaleza y envergadura muy diversa (unidad 2) asimilables al denominado Mb La Piedra.

- Fm Los Haitises. Constituye una extensa y monótona masa calcárea (unidad 3), atribuida al Plioceno-Pleistoceno, dispuesta sobre el conjunto anterior y asimilada previamente al Mb La Piedra. No obstante, la Fm Los Haitises de la Cordillera Oriental (Brower y Brower, 1982; Iturralde, 2001) presenta similitud de facies y equivalencia temporal (Díaz de Neira y Hernaiz, 2004), lo que sugiere la correlación de ambas, que además presentan una fisonomía muy característica debido a la intensa acción de la meteorización química sobre el conjunto calcáreo.

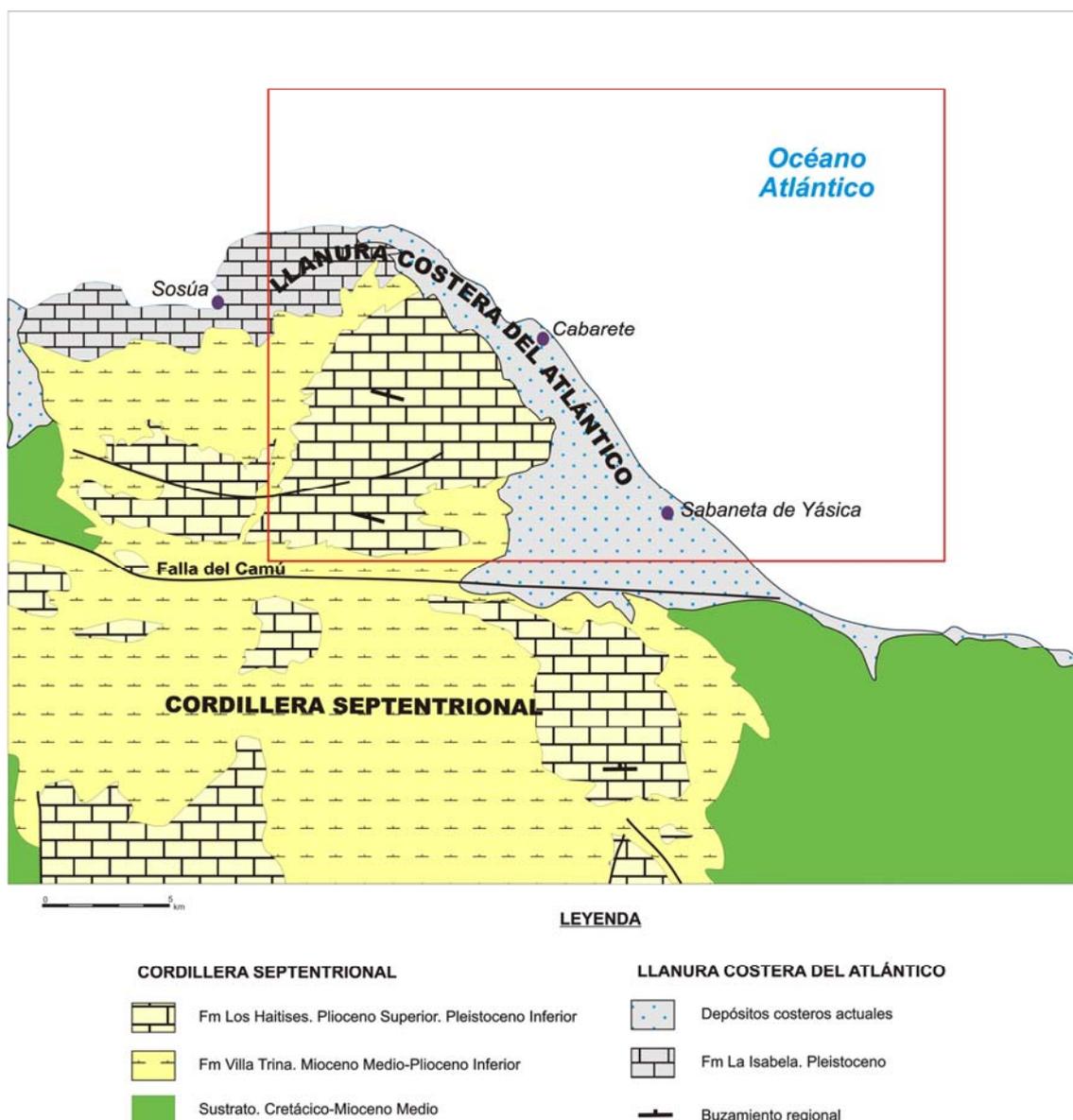


Fig. 2.1. Esquema geológico del ámbito de la Hoja de Sabaneta de Yásica

#### 2.1.1.1. Fm Villa Trina (1) Margas con intercalaciones de calizas. Mb La Piedra (2) Calizas y margas. Mioceno Medio-Plioceno Inferior N<sub>1</sub><sup>2</sup>-N<sub>2</sub><sup>1</sup>

Constituyen afloramientos de deficiente calidad debido a la alta proporción margosa del conjunto, dispuestos en torno al macizo de El Choco, excepto en su sector nororiental. Una mejor descripción de la unidad puede realizarse mediante los cortes parciales existentes en la vecina Hoja de Gaspar Hernández (6174-IV), donde la Fm Villa Trina aparece como una potente y monótona sucesión rítmica de margas con intercalaciones de niveles de calizas margosas de orden decimétrico (unidad 1). En corte fresco muestra tonalidades grises, aunque frecuentemente confiere al terreno típicas coloraciones amarillentas por alteración.

No aflora su base, de carácter discordante en otros puntos de la cordillera, en tanto que su techo es gradual y; consiste en una alternancia de niveles decimétricos de margas y calizas que muestra buena calidad de afloramiento en el paraje de Los Guayos (Hoja de Salcedo, 6174-III); hacia techo, la desaparición total de las margas da lugar a un destacado resalte morfológico. Su espesor visible es de 100 m en el sector meridional de la Hoja, que deben tomarse como un valor mínimo.

El conjunto descrito, que muestra el aspecto típico de la formación, incluye calizas y calcarenitas agrupadas en niveles y bancos de orden decimétrico a métrico, con intercalaciones margosas, asimilados al Mb La Piedra y diferenciados en la cartografía cuando sus dimensiones lo han permitido (unidad 2). Sus principales manifestaciones, de calidad deficiente, se localizan en el sector occidental, en el ámbito de Arroyo Seco. Tanto su base como su techo poseen carácter gradual, pudiendo alcanzar una potencia conjunta de 60 m.

Petrográficamente, aparecen como *packstones* bioclásticos, con una proporción del 35-65% de aloquímicos, 15-60% de ortoquímicos y en general, valores inferiores al 5% de cemento. Entre los componentes texturales predominan los fósiles, en proporción superior al 95%, pudiendo clasificarse como biomicritas o biomicruditas.

Entre su abundante contenido faunístico, tanto en los niveles calcáreos como en los margosos, se encuentran Algas rojas, Briozoos, Moluscos, Equinodermos, Corales, Miliólidos, Nummulítidos y otros Foraminíferos. En particular, la presencia de *Globigerina* sp., *Globorotalia* sp. *G. menardii* (d'Orb.), *G. af. miocenica* Palmer, *G. af.*

*plesiotumida* Banner y Blow, *Globigerinoides* sp., *G. af. obliquus extremus* Bolli y Bermúdez, *G. gr. trilobus* (Reuss), *G. obliquus* Bolli y *Orbulina universa* d'Orbigny, ha permitido su asignación al Mioceno Medio-Plioceno, en principio acotable al Plioceno Inferior en base a la fauna hallada en Hojas vecinas.

La sucesión margosa de la Fm Villa Trina representa ambientes de plataforma externa-cuenca (Fig. 2.2); por su parte, las intercalaciones carbonatadas, que hacia el sur corresponden a eventos turbidíticos, aquí representan facies de plataforma, lo que unido a su situación en la parte alta de la unidad indica una tendencia somerizante culminada con la implantación de la plataforma carbonatada en la que se depositó la Fm Los Haitises. Esta tendencia indica, además, que el paso gradual en la vertical entre las Fms. Villa Trina y Los Haitises, también se produce en la horizontal.

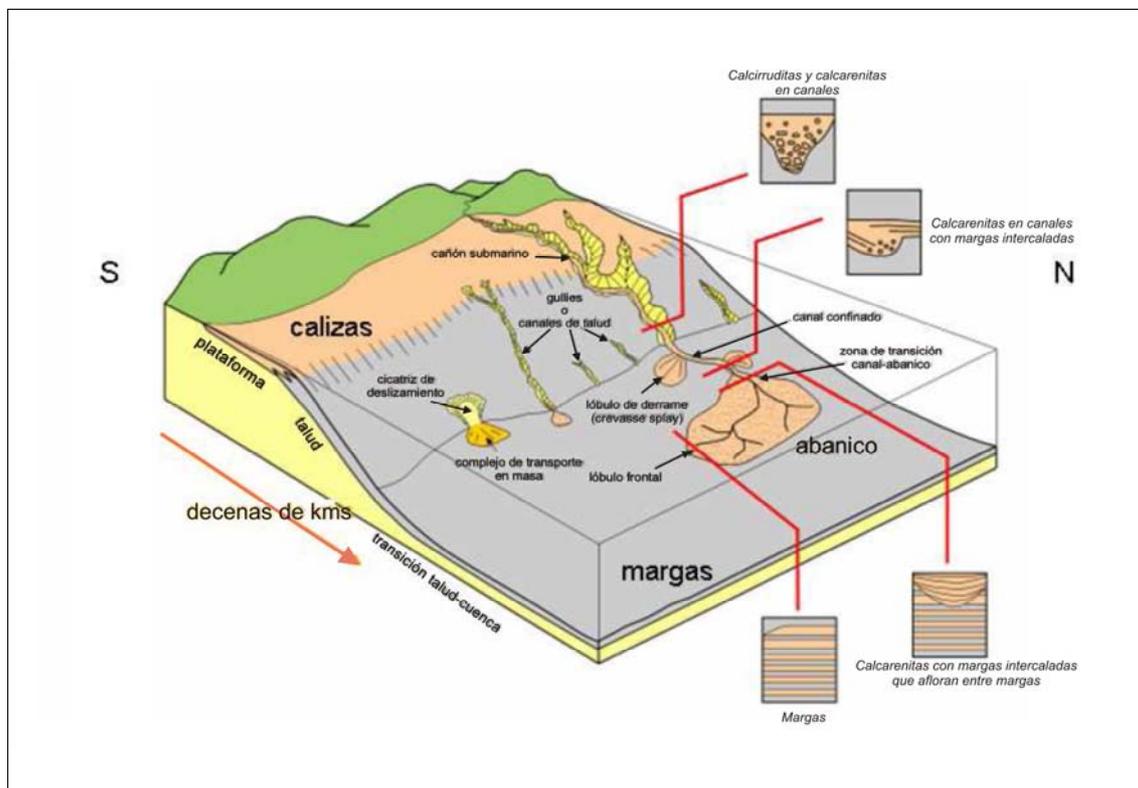


Fig. 2.2. Esquema paleogeográfico de la Fm Villa Trina (Braga, 2010)

### 2.1.1.2. Fm Los Haitises (3). Calizas arrecifales y calizas. Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior $N_2^2$ - $Q_1$

Se trata del conjunto calcáreo que constituye los peculiares afloramientos de morfología kárstica del macizo de El Choco, configurado a modo de denso entramado de depresiones (dolinas, uvalas y poljés) y pronunciados montículos (*hums* o *haitises*). Esta fisonomía recuerda a la de la región de Los Haitises, lo que añadido a la notable semejanza litoestratigráfica de los afloramientos calcáreos de ambas zonas, ha aconsejado la conveniencia de tratarlos todos como una sola formación, simplificando además con ello la terminología relativa a los materiales plio-cuaternarios de La Española.

El difícil acceso a numerosas zonas y la densa vegetación que cubre con frecuencia la unidad, dificultan su estudio, que queda prácticamente restringido a observaciones puntuales en las canteras existentes a lo largo de la pista que une las carreteras Moca-Sabaneta de Yásica y Nagua-Puerto Plata (a través de La Catalina y El Choco), destacando en este sentido la existente al sur del paraje de La Atravesada.

Aparecen como un monótono conjunto de calizas grises a blanquecinas, con un elevado contenido fosilífero observable a simple vista. Generalmente se agrupan en bancos de espesor métrico a decamétrico, aunque con frecuencia su estratificación no es fácilmente observable, lo que acentúa su aspecto masivo. De forma ocasional, se agrupan en capas decimétricas entre las que se pueden intercalar delgados niveles de margas. Su gran uniformidad litológica se ve incrementada por la notable karstificación que afecta a la unidad, condicionada a su vez por una densa red de fracturación de orientación preferente NE-SO.

Se disponen concordantemente sobre la Fm Villa Trina, mediante un progresivo enriquecimiento calcáreo de la serie. En cuanto a su techo, no es posible determinarlo, si bien debería estar próximo a los restos de la superficie estructural que configura la unidad. En cualquier caso, su espesor parece sobrepasar 200 m.

Petrográficamente aparecen como calizas fosilíferas (biomicritas) con grado de recristalización variable; poseen porosidad secundaria y, en menor medida, primaria. Predominan los *packstones* bioclásticos en los que los aloquímicos (40-50%) corresponden prácticamente en su totalidad a fósiles (>95%), con una proporción de

matriz variable (15-60%), generalmente superior a la de cemento (<40%); también se reconocen *wackestones* bioclásticos cuyo contenido de aloquímicos (15-35%) corresponde básicamente a fósiles (>95%), con una elevada proporción de matriz (60-85%), en cualquier caso superior a la de cemento (<25%).

Las facies de capas decimétricas con delgadas intercalaciones de margas, observables en la cantera situada al sur de La Atravesada, corresponden a sectores distales de una plataforma carbonatada, en tránsito al talud, lejos de la influencia de tormentas y corrientes. En zonas meridionales se observan construcciones arrecifales, aparentemente poco desarrolladas, si bien esta apariencia podría deberse a la deficiencia de los afloramientos (Fig. 2.3).

De acuerdo con la tendencia regresiva deducida para el Plioceno de la región, las facies de talud-cuenca de la Fm Villa Trina subyacente debieron depositarse también al norte de la plataforma correspondiente a la Fm Los Haitises, por lo que el paso gradual vertical entre ambas, también debe producirse horizontalmente.

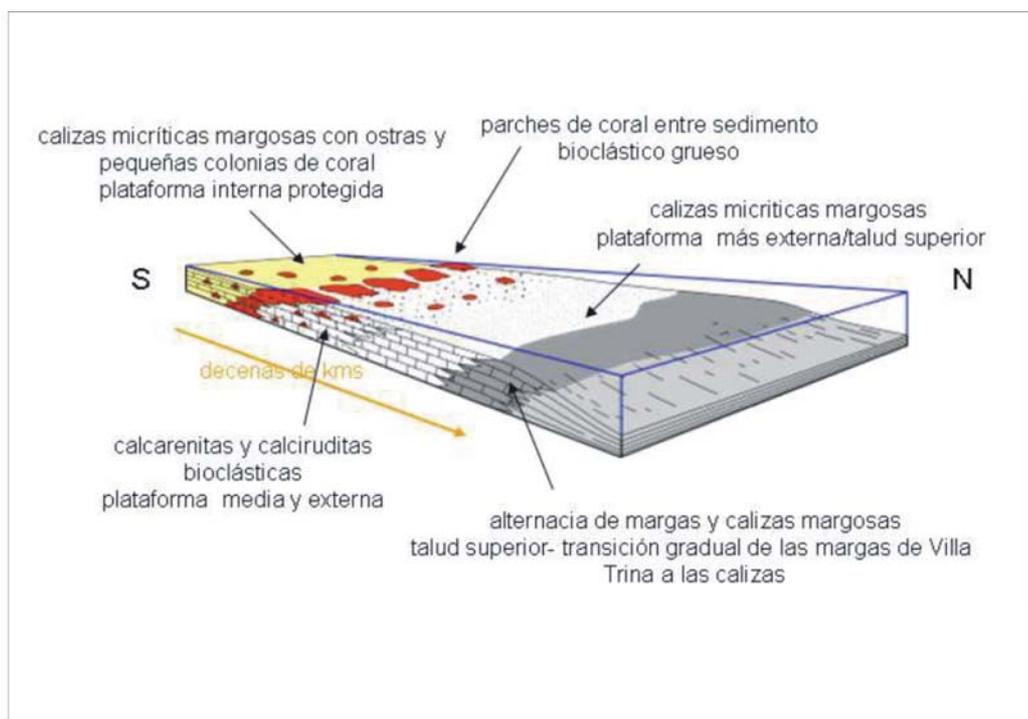


Fig. 2.3. Esquema paleogeográfico de la Fm Los Haitises (Braga, 2010)

La presente unidad incluye un elevado, aunque poco determinativo, contenido faunístico integrado por Corales, Foraminíferos, Algas, Moluscos, Equinodermos y

Briozoos. En cualquier caso, la asignación de la Fm Villa Trina al Plioceno Inferior, sugiere el depósito del presente conjunto durante el Plioceno Superior y posiblemente, el Pleistoceno Inferior.

### 2.1.2. Cuaternario

Los depósitos cuaternarios se encuentran muy desigualmente repartidos, constituyendo la totalidad de la superficie de la Llanura Costera del Atlántico y apareciendo diseminados en mucha menor proporción en el macizo de El Choco. Los de origen fluvial y marino-litoral son los más extendidos, habiéndose reconocido también sedimentos de origen lacustre-endorreico y kárstico.

#### 2.1.2.1. Fm La Isabela. (4). Calizas arrecifales. Pleistoceno Superior Q<sub>3</sub>

Afloran extensamente en el sector noroccidental, donde configuran una notable planicie que asciende imperceptiblemente desde los acantilados costeros hasta el borde del macizo de El Choco. Forman parte del discontinuo cinturón arrecifal emergido que orla La Española, siendo correlacionables con los materiales similares que Marcano y Tavares (1982) definieron como Fm La Isabela en las proximidades de esta localidad.

La unidad presenta una excelente calidad de afloramiento en la cantera localizada al oeste de La Atravesada, en la que se observa la evolución vertical desde facies de talud arrecifal medio hasta facies correspondientes al armazón arrecifal. Las primeras están integradas por fragmentos coralinos entre los que se intercala una matriz margosa, en tanto que las segundas están constituidas por calizas coralinas. Entre ambos conjuntos se observa una superficie erosiva marcada por arcillas rojas que se interpretan en relación con procesos de karstificación y consiguientemente, un periodo de emersión. No ha podido observarse en punto alguno el espesor de la unidad, que en cualquier caso sobrepasa 20 m.

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 (Fig. 2.4).

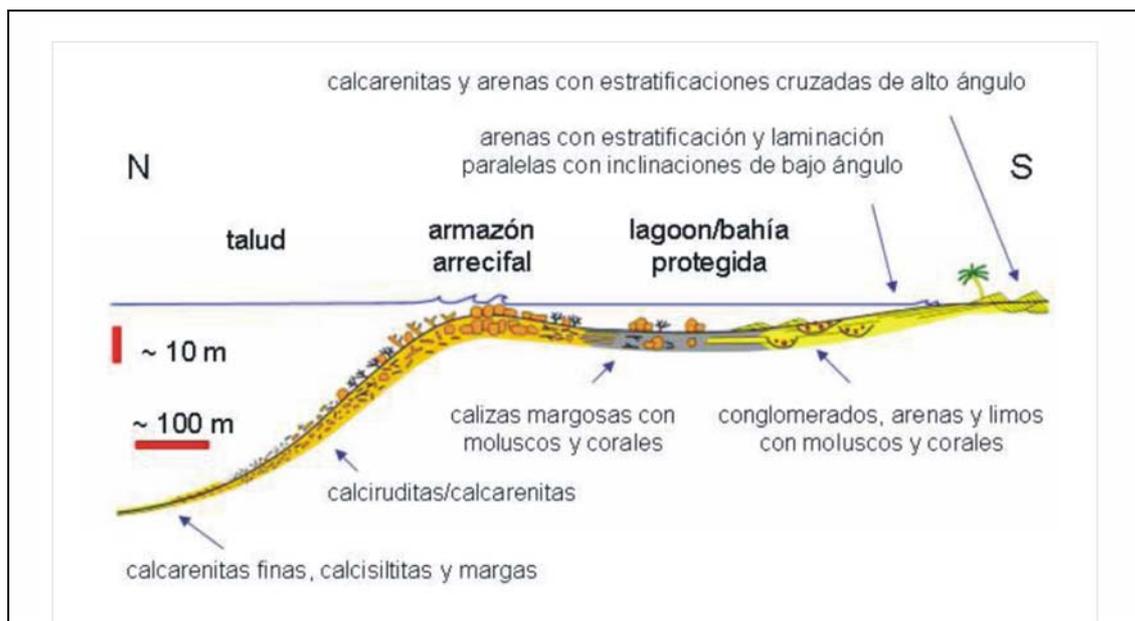


Fig. 2.4. Esquema sedimentario de la Fm La Isabela (Braga, 2010)

Al microscopio, las masas no coralinas aparecen como *packstones* bioclásticos, con una proporción moderada de aloquímicos (30-40%), constituidos exclusivamente por fósiles (biomicritas), con un contenido de matriz moderadamente alto (50-60%), muy superior en cualquier caso al de cemento (5-10%).

Su constituyente fundamental son Corales, incluyendo también Moluscos, Algas rojas, Foraminíferos y Equinodermos, que no han permitido precisar la edad de la unidad. No obstante, 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 (Hoja a escala 1:50.000 de Cabrera, 6274), concretamente en la terraza inferior, situada a unos +20 m, indica una edad de  $134.393 \pm 1.060$  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  $121 \pm 9$  ka (Schubert y Cowart, 1982). Ya que la presente unidad constituye la terraza más joven de la zona y se localiza a una altitud semejante a la de Cabo Francés Viejo, parece probable su sincronía, razón por la que la presente unidad se ha enmarcado en el Pleistoceno Superior, sin que deba descartarse que su depósito comenzase en el Pleistoceno Medio.

#### 2.1.2.2. Fondo de dolina, uvala o poljé (5). Arcillas de descalcificación. Pleistoceno-Holoceno Q<sub>1-4</sub>

Se encuentran ampliamente repartidas por las numerosas depresiones kársticas desarrolladas sobre las calizas de la Fm Los Haitises. Configuran afloramientos de forma y dimensiones diversas, predominando las dolinas circulares o elípticas, si bien también se observan uvalas, por unión de dos o más dolinas, y poljés que pueden alcanzar hasta 500 m de eje mayor, influyendo en la formación de éstos también la tectónica.

Su depósito corresponde a arcillas rojas de aspecto masivo, producto de la descalcificación de los materiales calcáreos por acción de procesos kársticos. Su espesor varía considerablemente en función de la intensidad de la disolución, pudiendo superar 3 m. Su edad está acotada por la del techo de la Fm Los Haitises, por lo que se enmarcan en el Pleistoceno-Holoceno.

#### 2.1.2.3. Cordón litoral degradado (6). Duna fósil (7). Arenas. Holoceno Q<sub>4</sub>

Afloran extensamente en las proximidades de la línea de costa, interponiéndose con respecto a ella el cordón litoral actual. Poseen una anchura variable entre algunas decenas de metros y 1 km, dando lugar a terrenos arenosos en los que la degradación morfológica les ha conferido aspecto de mantos eólicos (unidad 6); no obstante, la fotografía aérea permite su fácil identificación gracias a sus líneas de crecimiento. En Cabo Macorís y El Higuero, las dimensiones de algunas dunas (cerca de 4 km de eje mayor en el primer lugar), han permitido su diferenciación cartográfica (unidad 7)

Se trata de arenas finas a medias, de naturaleza carbonatada fundamentalmente. Aunque normalmente poseen altitudes inferiores a 6 m, pueden alcanzar valores máximos cercanos a 15 m. Se asignan al Holoceno por su disposición sobre la Fm La Isabela, sin que deba descartarse que puedan corresponder al Pleistoceno Superior.

2.1.2.4. Llanura intermareal abandonada (8). Lutitas. Pleistoceno Superior-Holoceno  
Q<sub>3-4</sub>

Constituyen espectaculares planicies localizadas en el sector suroriental, extendiéndose por la franja costera de la vecina Hoja a escala 1:50.000 de Gaspar Hernández (6174-IV). Corresponden a antiguas marismas, actualmente ajenas a la influencia marina, excepto en el caso de eventos catastróficos.

Poco puede precisarse sobre su composición, en la que en cualquier caso se observa un contenido predominante de lutitas oscuras con materia orgánica, con pasadas arenosas. Su espesor posee valores de orden métrico. No existen datos que permitan precisar su edad, que tentativamente se ha asignado al Holoceno, sin que deba descartarse su inclusión, al menos parcial, en el Pleistoceno Superior.

2.1.2.5. Llanura de inundación (9). Cauce o meandro abandonado (10). Gravas, arenas y lutitas. Holoceno Q<sub>4</sub>

Se trata de formas poco extendidas, pero que adquieren una relevancia notable en el curso bajo del río Yásica, cuya llanura de inundación configura una franja de más de 3 km de anchura. En ella, además de encajarse el canal principal, en el que se observan barras de gravas durante los periodos de estiaje, existen numerosos cauces o meandros abandonados, que poseen una morfología más o menos curvilínea, evidenciando un comportamiento divagante.

La llanura de inundación del Yásica está constituida por gravas polimícticas en matriz arenosa, si bien son frecuentes las pasadas de arenas y lutitas. Aunque su espesor es difícil de determinar al no observarse el sustrato, probablemente sobrepase 5 m. En el caso de la llanura de inundación del río La Catalina, de extensión sensiblemente inferior, se observa un claro predominio lutítico. En cuanto a los cauces y meandros abandonados, a su composición en estado activo, con predominio de gravas y arenas, se superpone un contenido lutítico derivado de procesos de decantación ligados a su dinámica de inundación actual. Por su actividad presente, se incluyen en el Holoceno.

#### 2.1.2.6. Abanicos aluviales de baja pendiente (11). Lutitas. Holoceno Q<sub>4</sub>

Se reconocen exclusivamente al este de La Catalina, donde aparecen como formas coalescentes, de hasta 2 km de longitud desde el ápice. No existen cortes que permitan su descripción detallada, pero en su composición se deduce el predominio de los constituyentes lutíticos, derivados del desmantelamiento de la Fm Villa Trina.

De su geometría se deduce un espesor promedio cercano a 10 m. Por su disposición sobre la llanura de inundación del Yásica se asignan al Holoceno.

#### 2.1.2.7. Fondo de valle (12). Gravas, arenas y lutitas. Holoceno Q<sub>4</sub>

Constituyen el principal testimonio de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual. Se trata de formas estrechas coincidentes con el canal de estiaje. Los más destacados se asocian con los cursos principales, destacando el del río Yásica. Están constituidos por gravas y arenas de composición calcárea principalmente, al nutrirse de materiales pliocenos del macizo de El Choco; en algunos casos pueden presentar un predominio lutítico al transitar por zonas de sustrato margoso, hecho más frecuente en los cursos del sector occidental y del ámbito de La Catalina. En el caso del río Yásica, también se observan cantos de composición areniscosa debido al aporte de afloramientos paleógeno-miocenos de sectores suroccidentales.

Las gravas contienen cantos redondeados de 10-20 cm, que en ocasiones pueden sobrepasar 50 cm. Aunque no existen cortes que permitan determinar su espesor, sin duda varía notablemente en función del curso en cuestión, pudiendo alcanzar 5 m. Por su actividad actual se asignan al Holoceno.

#### 2.1.2.8. Laguna (13). Lutitas. Holoceno Q<sub>4</sub>

Se encuentran diseminadas por toda la zona, siendo su manifestación más relevante, la laguna de Cabarete, de más de 1 km de eje mayor. En el ámbito costero corresponden a relictos del pasado marino más reciente o a antiguos cauces fluviales permanentemente encharcados, en tanto que en el macizo se relacionan con depresiones kársticas.

Su depósito está integrado por lutitas oscuras cuyo espesor no ha sido determinado, aunque debe aproximarse a 2-3 m. Se asignan al Holoceno por su dinámica actual.

#### 2.1.2.9. Cordón litoral (14). Arenas. Holoceno Q<sub>4</sub>

Se disponen en paralelo a la línea de costa, siguiendo la dirección del viento principal, a modo de sucesión de dunas de hasta 6 m de altura y una anchura variable de orden decamétrico a hectométrico. En su frente se han desarrollado playas que en la mayor parte de los casos no han podido ser diferenciadas cartográficamente debido a sus reducidas dimensiones, en tanto que a su espalda se encuentran cordones litorales degradados debido a su pérdida de funcionalidad.

Están constituidas por arenas finas a medias, fundamentalmente de naturaleza carbonatada. Por su actividad actual han sido asignadas al Holoceno.

#### 2.1.2.10. Marisma baja (manglar) (15). Lutitas y arenas con vegetación abundante. Holoceno Q<sub>4</sub>

Se localizan en el sector suroriental, en el ámbito de la Boca del Caño, correspondiendo a zonas afectadas diariamente por las mareas, colonizadas por manglares. Poseen carácter lutítico, con cierto contenido arenoso, y un notable contenido de materia orgánica. Se estiman espesores de 3-5 m para este tipo de depósitos, habiéndose incluido en el Holoceno por su dinámica actual.

#### 2.1.2.11. Playa (16). Arenas. Holoceno Q<sub>4</sub>

Aunque se extienden por la práctica totalidad del frente del cordón litoral, sus dimensiones tan sólo han permitido la representación de un reducido número de ellas, destacando la de Cabarete, de 2 km de longitud y anchura de orden decamétrico.

Están constituidas por arenas blanquecinas de tamaño de grano medio a fino. Por su actividad actual se asignan al Holoceno.

#### 2.1.2.12. Área pantanosa (17). Lutitas. Holoceno Q<sub>4</sub>

Aparecen ampliamente representadas en la llanura costera, a espaldas del cordón litoral degradado, donde se extienden a lo largo de 7 km con una anchura promedio de 1 km. Se trata de lutitas oscuras depositadas en áreas de tendencias endorreicas encharcadas estacionalmente y con un cierto contenido vegetal. Son el resultado de la evolución una antigua laguna costera en proceso de colmatación-desección, cuyo vestigio es la laguna de Cabarete.

Su espesor no ha sido determinado, aunque debe acercarse a 2-3 m. Por su dinámica actual se enmarcan en el Holoceno.

### 3. TECTÓNICA

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. 1.6).

Dentro de la Cordillera Septentrional se reconocen tres conjuntos de rocas de origen muy diferente: 1) 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; 2) Pequeños afloramientos de rocas volcánicas y volcano-derivadas de edad cretácica a paleocena, que forman parte 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; y 3) 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 uniformes.

#### 3.1. Contexto geodinámico y estructura general de la Cordillera Septentrional

La isla de La Española se sitúa sobre el margen norte de la placa del Caribe (Fig. 3.1), margen que ha evolucionado desde un límite controlado por subducción en el Cretácico y parte del Eoceno, a un límite dominado por desplazamientos en dirección de carácter sinistral que acomoda el desplazamiento de la placa del Caribe hacia el este en relación con Norteamérica (Mann *et al.*, 1991b). El cambio en el régimen geodinámico tuvo lugar como consecuencia de la colisión oblicua con la plataforma de Las Bahamas, fenómeno diacrónico acontecido en el Eoceno Medio-Superior en el

caso de La Española. Este régimen transcurrente comenzó con la apertura del Surco del Caimán con carácter transtensivo (Mann *et al.*, 1991 b), manteniéndose hasta la actualidad en un contexto transpresivo.



Fig. 3.1. Situación de La Española en el contexto geodinámico caribeño

La placa del Caribe se desplaza hacia el este con respecto a las placas Norte y Sudamericana a una velocidad de unos 18-20 mm/año (Dolan y Mann, 1998; Dixon *et al.*, 1998; DeMets *et al.*, 2000; Mann *et al.*, 2002). Este movimiento relativo se acomoda en el margen septentrional de la isla por la zona de subducción de la fosa de Puerto Rico y por la falla Septentrional (y fallas asociadas, como la del Camú), en un tipo de articulación en el que se conjugan la convergencia oblicua, en la primera, y los movimientos sinistres, en la segunda (Dolan y Mann, 1998; Dolan *et al.*, 1998). En el interior de la isla, el citado movimiento relativo lo articula principalmente la Zona de Falla de Enriquillo-Plantain Garden (Mann *et al.*, 1991b).

Los materiales de la cordillera han sido deformados en condiciones fuertemente transpresivas como consecuencia de la colisión y convergencia oblicua de las placas caribeña y norteamericana desde el Paleógeno hasta la actualidad. La deformación está muy particionada en grandes fallas de desgarre (Septentrional, del Camú, del Río Grande, entre otras), observándose un plegamiento que afecta a todo el dominio. Los

complejos de basamento afloran con dirección NO-SE, ligeramente oblicua a la ESE-ONO de la cordillera, mostrando una disposición escalonada “hacia la derecha”, claramente asociada a “inflexiones contractivas” (o *restraining bends*) kilométricas, consistentes con el sentido de cizallamiento sinistral que afecta a toda la región. La mayoría de estos *restraining bends* se reconocen bien en el mapa de gradiente vertical por su forma sigmoideal en planta, siendo el más espectacular el que produce el afloramiento del macizo ígneo-metamórfico de Río San Juan en el extremo oriental de la cordillera (Fig. 3.2)

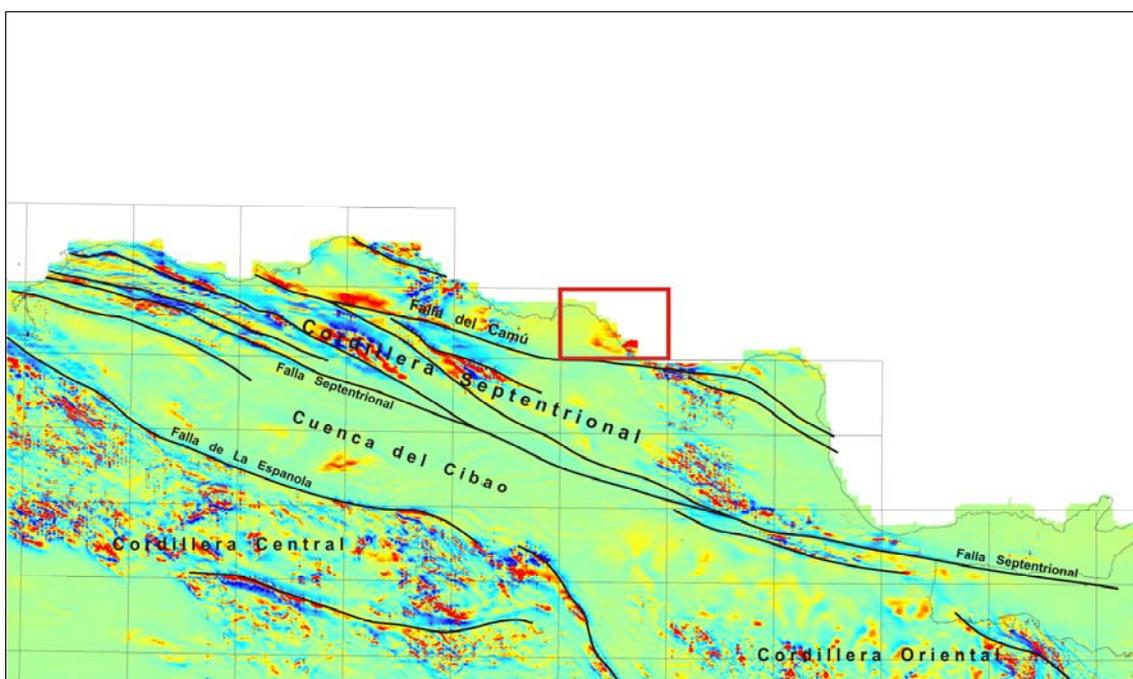


Fig. 3.2. Principales estructuras de la Cordillera Septentrional, deducidas del Mapa de Gradiente vertical (Ayala *et al.*, *in press*)

Pese a que la falla Septentrional se identifica con el límite entre la Cordillera Septentrional y la Cuenca del Cibao, en realidad su traza activa no coincide con el frente montañoso (Mann *et al.*, 1998). Así, en el sector Santiago-San Francisco de Macorís la traza activa se localiza en el interior de la cuenca, desplazada unos centenares de metros con respecto al frente montañoso, en tanto que hacia el oeste, la falla se segmenta en diferentes ramales que parecen más activos hacia el sur.

La ausencia de marcadores regionales impide un cálculo riguroso de los desplazamientos laterales, relativos o absolutos, producidos a favor de la falla Septentrional, si bien algunos autores han realizado estimaciones a partir de

correlaciones diversas. Así, Eberle *et al.* (1982) justifican un desplazamiento superior a 100 km a partir de la correlación de depósitos aluviales auríferos. Por su parte, Erikson *et al.* (1982) deducen un desplazamiento post-Mioceno de 55-125 km mediante la correlación de cuencas productoras de ámbar. A mayor escala, Pindell y Barret (1990) sugieren que la falla Septentrional ha debido acomodar una parte de los más de 400 km de desplazamiento lateral sinistral ocurrido entre Cuba y La Española a partir del Mioceno Inferior. Más recientemente, los estudios estratigráficos y sedimentológicos realizados por Braga (2010) sobre la Fm Haitises y las unidades relacionadas con ella, han permitido deducir un desplazamiento de unos 200 km para explicar su distribución de facies.

La falla del Camú se sitúa en el interior de la cordillera con una dirección próxima a E-O, ligeramente oblicua a la de la falla Septentrional. Entre las localidades de Imbert y Sabaneta de Yásica su traza es relativamente neta, aunque con algunas bifurcaciones, mientras que al oeste de Imbert se desarrolla una zona de falla con una anchura de 3-5 km formada por numerosos ramales o *splays* que individualizan bloques de formas romboidales; no está muy claro si su prolongación oriental se resuelve en el golfo situado entre Gaspar Hernández y Río San Juan o si coincide con alguna de las fallas de dirección ONO-ESE que atraviesan la parte septentrional del macizo de Río San Juan, inmediatamente al este de Gaspar Hernández. La falla del Camú constituye el límite meridional del denominado bloque de Puerto Plata (Pindell y Draper 1991; De Zoeten y Mann, 1991, 1999) y como en el caso de la falla Septentrional, no posee marcadores o referencias regionales fiables que permitan establecer su desplazamiento, si bien la idea de correlación entre los complejos de Puerto Plata y Río San Juan propuesta por Draper y Nagle (1991) es sugerente y permite suponer entre ambos un desplazamiento de al menos 60 km.

Otra falla importante en la estructura de la Cordillera Septentrional es la del Río Grande (De Zoeten y Mann, 1999), que atraviesa la cordillera por su parte central con una dirección dominante NO-SE que hacia el sur cambia paulatinamente a ESE-ONO hasta enlazar asintóticamente con la traza de la falla Septentrional. Muy probablemente enlaza con la Zona de Falla del Camú inmediatamente al sur de Imbert. En cuanto a la falla del Río Bajabonico, se puede considerar asociada a la falla del Río Grande, discurrendo en paralelo algunos kilómetros al este de ella, con una traza difusa en su sector oriental.

La intersección de las fallas o zonas de falla principales divide la cordillera en grandes bloques más o menos romboidales, característicos de zonas transpresivas. Son los bloques de Puerto Plata, Altamira, La Toca y Río San Juan, a los que hay que añadir el *ridge* de San Francisco y la península de Samaná. La geometría en planta de la cordillera corresponde a la de un dúplex contractivo (*contractional duplex*), dentro del cual se pueden identificar zonas de altitudes máximas, mayor acortamiento y exposición de rocas del sustrato o basamento, correspondientes a inflexiones contractivas o *restraining bends* de rango kilométrico. Por ejemplo, el afloramiento del complejo de Río San Juan se puede considerar asociado a una “inflexión contractiva aguda” (*sharp restraining bend*) en la que el movimiento a través de las dos fallas principales (del Camú y Septentrional) se transfiere mediante las fallas relativamente ortogonales a éstas que conforman sus límites oriental y occidental.

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; el techo de dichas formaciones configura una gran cuesta, intensamente meteorizada y dislocada por fallas de entidad menor.

### **3.2. Estructura de la Hoja de Sabaneta de Yásica**

Pese a encontrarse algunos cientos de metros al sur de la Hoja, la falla del Camú es sin duda alguna el elemento más destacado en relación con la estructura de la zona, por donde discurre con una dirección E-O que se manifiesta superficialmente por la orientación del valle del río Yásica. Regionalmente, el bloque situado al norte de ella se caracteriza por una compleja estructuración en la que destaca la presencia del complejo ígneo-metamórfico de Puerto Plata, de la que nada puede decirse en el ámbito de la Hoja al quedar oculta por materiales neógenos y cuaternarios deformados en mucha menor medida.

La falla del Camú es un desgarre sinistral con importante componente vertical, cuyo principal resultado morfoestructural es la elevación del bloque septentrional, basculado

hacia el norte. La cuantía del salto vertical es superior a 100 m, lo que hace que el techo de la Fm Los Haitises disminuya su elevación progresivamente desde algo más de 300 m en el sector meridional, hasta cerca de 100 m en el septentrional. Este basculamiento es difícil de percibir sobre el terreno, tanto por la escasez de niveles bien estratificados como por la existencia de bloques desnivelados por la red de fracturación posterior, pero se evidencia cartográficamente mediante la representación del contacto entre las Fms. Villa Trina y Los Haitises.

La red de fracturación más reciente corresponde a un denso entramado de fallas de componente vertical que afectan a la Fm Los Haitises principalmente, entre las que predominan las de orientación ENE-OSO, cuyas trazas pueden alcanzar 4 km de longitud; hacia el sur adquieren una orientación E-O, adaptándose a la de la falla del Camú. También se observan fallas de dirección N-S y NE-SO, delimitando éstas el macizo del Choco en su sector nororiental. La menor rigidez de la Fm Villa Trina hace que el número de fallas que la afectan sea muy inferior, ocurriendo otro tanto con la Fm La Isabela, pero en este caso como consecuencia de su menor antigüedad.

Frente a la densa red de fracturación del macizo de El Choco, no se ha observado estructura de plegamiento alguna.

Nada puede deducirse de la cronología de la deformación previa al Mioceno Superior en base a los afloramientos de la Hoja, que sólo permiten establecer su historia deformativa durante el periodo Plioceno-Cuaternario.

La evolución de las facies de talud-cuenca de la Fm Villa Trina a las de plataforma arrecifal de la Fm Los Haitises implica una somerización que se enmarca en la tendencia general ascendente previa observada en La Española. El hecho de que los materiales calcáreos de esta última unidad se encuentren a más de 300 m sobre el nivel del mar implica una elevación considerable, al menos desde el Pleistoceno.

Las plataformas de abrasión marinas desarrolladas en el macizo de El Choco, tanto sobre las formaciones citadas como sobre la Fm La Isabela, sugieren que la elevación de la región ha proseguido durante el resto del Cuaternario, con una tasa estimada de 0,11-0,48 mm/a (apartado 4.3.2).

## **4. GEOMORFOLOGÍA**

### **4.1. 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 el origen de las mismas (morfogénesis). Se procede a continuación a la descripción de las distintas formas diferenciadas en la Hoja, atendiendo a su geometría, tamaño y génesis; el depósito que acompaña a algunas de estas formas (formaciones superficiales), se describe en los apartados correspondientes del capítulo de estratigrafía (2.1.2).

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.

#### **4.1.1. Estudio morfoestructural**

El relieve de la zona (Fig. 4.1), está condicionado en gran medida por la naturaleza y la disposición de los materiales que la conforman. El techo de los materiales sedimentarios constituyentes del macizo, correspondientes al Neógeno, se configuró como una superficie estructural afectada posteriormente por un escalonamiento ligado al retroceso marino. Dicha superficie también ha sufrido los efectos de la creación y desnivelación de bloques, que a su vez han condicionado una intensa actividad kárstica.

En cuanto a la llanura costera, se configura como una gran planicie constituida por un extenso conjunto sedimentario que oculta la estructura del subsuelo.

#### 4.1.1.1. Formas estructurales

Están concentradas en el ámbito del macizo y sus bordes, constituyendo el condicionante fundamental de su morfoestructura, que se encuentra retocada por otros procesos morfogenéticos.

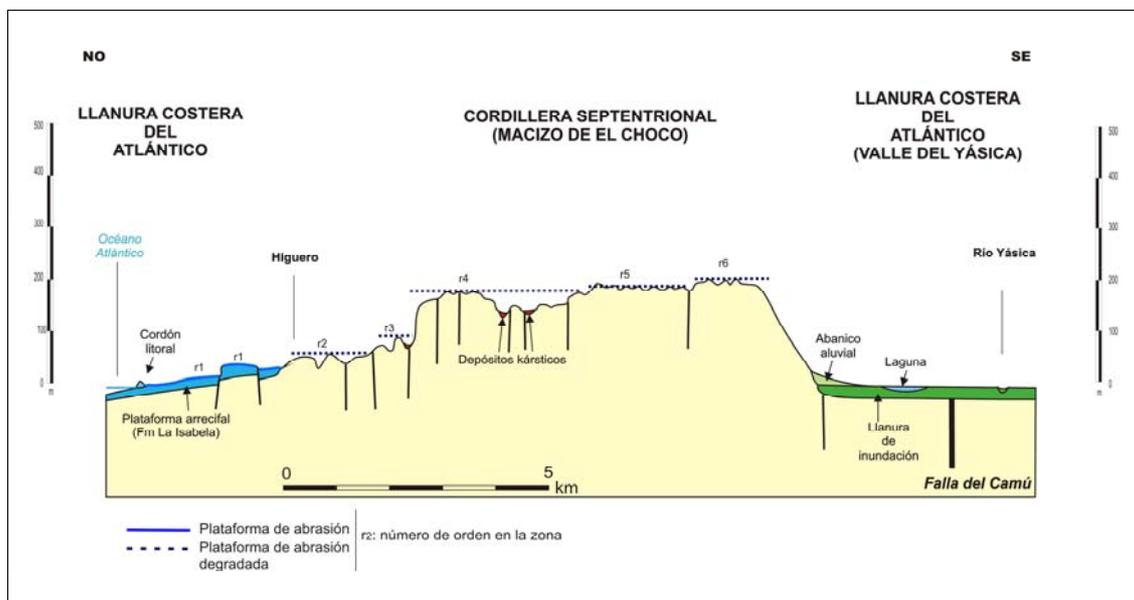


Fig. 4.1. Perfil esquemático de la Hoja de Sabaneta de Yásica (6175-III). Exageración vertical aproximada 10:1

La densa red de fracturación tiene una clara expresión morfológica en la distribución de los relieves y en la orientación de las formas de disolución kárstica. Las *fallas con expresión morfológica* se agrupan principalmente en torno a la familia de dirección NE-SO, que adquiere una densidad notable y condiciona la orientación de las elevaciones menores. También cabe destacar en el sector meridional las de orientación E-O, paralelas a la falla del Camú, y en el sector nororiental, las de dirección NO-SE, relacionadas con el límite con la llanura costera.

Corresponden a desgarres cuya longitud puede superar 8 km, con componente vertical. Merece mención especial la falla del Camú, pese a situarse inmediatamente al sur de la Hoja, destacado desgarré sinistral que limita el macizo de El Choco, siendo el principal condicionante de su estructura y de la orientación del curso del río Yásica.

Tanto cuando estas fallas se encuentran fosilizadas bajo depósitos cuaternarios como cuando algún rasgo morfológico parece estar condicionado por una falla sin que se tenga la total certeza de su existencia, se han representado como *fallas supuestas*. En relación con la tectónica, también se han observado puntuales deformaciones denunciadas por niveles con *buzamiento* bajo.

Pese a la elevada velocidad con que la meteorización elimina o enmascara algunas formas, existen pronunciados desniveles interpretados como *escarpes de falla*, abundantes en el sector meridional y frecuentemente *degradados*.

También se observan morfologías condicionadas por la distinta resistencia ofrecida por los materiales aflorantes a la erosión o formas litoestructurales, consistentes en resaltes de *líneas de capa monoclinales* acompañados por *escarpes*; son debidos al contraste entre las margas de la Fm Villa Trina, fácilmente erosionables, y los resistentes niveles del Mb La Piedra y de la Fm Los Haitises. El techo conservado de ésta configura una extensa *superficie estructural degradada*, sobre la que se observa un *basculamiento* general hacia el NNE.

#### 4.1.2. Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Cordillera Septentrional y la Llanura Costera del Atlántico, tiene como consecuencia una expresión sensiblemente diferente. Así, el modelado de la cordillera es el resultado de una evolución presidida por los procesos sedimentarios y tectónicos acaecidos a lo largo del periodo Neógeno-Cuaternario, generadores de relieves positivos, sobre los que han actuado, con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o al modelado de dichos relieves, destacando los de carácter kárstico y marino-litoral.

Por lo que respecta a la llanura, son los procesos marino-litorales los condicionantes fundamentales de su aspecto actual, excepto en el Valle del Yásica donde los procesos fluviales son el determinante fundamental, sin olvidar la participación de los procesos lacustre-endorreicos.

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

#### 4.1.2.1. Formas gravitacionales

Pese a los desniveles existentes en el ámbito del macizo y especialmente, de sus bordes, se trata de formas muy escasas, en buena parte como consecuencia de la propia dinámica de retroceso de las vertientes, que provoca su permanente evolución. Aunque se han reconocido coluviones, desprendimientos y deslizamientos, sus dimensiones tan sólo han permitido la diferenciación de la *cicatriz* de uno de éstos cuya masa deslizada se encuentra en la vecina Hoja de Gaspar Hernández (6174-IV). En cualquier caso, es esta vertiente septentrional del río Yásica el único lugar donde los fenómenos de ladera adquieren cierto interés.

#### 4.1.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial

Están prácticamente ausentes en el macizo de El Choco, pero poseen una amplia representación en el sector occidental y especialmente en el valle del Yásica, donde muestran una mayor variedad de depósitos.

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 ellas el del río Yásica, que además posee una *llanura de inundación* de más de 3 km de anchura; no posee terrazas en la zona, si bien se han reconocido algunos kilómetros aguas arriba. Dentro de la llanura de inundación existen numerosos *cauces* y *meandros abandonados*, que denotan una continua y aleatoria deriva del cauce, observándose en una escala temporal más amplia un desplazamiento de la desembocadura hacia el noroeste.

Menor representación poseen los *abanicos aluviales de baja pendiente*, restringidos a dos aparatos coalescentes dispuestos sobre la llanura de inundación del Yásica al este de La Catalina. Su depósito se produce en la confluencia de sendas vías de drenaje del macizo con la llanura costera, donde la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose. Alcanzan una longitud de 2 km con respecto al ápice.

Entre las formas erosivas se han reconocido: *incisión lineal*, principalmente en los sectores meridional y occidental, donde también se han desarrollado *áreas acarcavadas* a favor de los niveles de margas de la Fm Villa Trina. La entidad de los

elementos de la red fluvial varía notablemente, destacando el *canal principal* del río Yásica. Entre los integrantes de la red de incisión se han formado *aristas*, abundantes en el sector occidental. El catálogo de las formas erosivas de carácter fluvial se completa con la *erosión lateral del cauce*, que afecta principalmente a los meandros del río Yásica.

La litología es el principal condicionante de la geometría de la red de drenaje, prácticamente ausente en los afloramientos de las Fms. Los Haitises y La Isabela, concentrándose en los afloramientos de la Fm Villa Trina. La estructura aparece como un condicionante secundario, excepto en el caso del río Yásica, que penetra en la Hoja con una orientación E-O claramente marcada por la falla del Camú. Por el contrario, los principales arroyos del sector occidental evidencian un carácter consecuente, discurriendo a favor de la pendiente regional. La geometría de la red de drenaje es de tipo dendrítico.

Como principales factores en la futura evolución de la red fluvial deben tenerse en cuenta: la influencia de la actividad de la falla del Camú, las posibles modificaciones eustáticas del nivel de base, el retroceso de las vertientes, la erosión remontante y las posibles capturas derivadas de ella, y el avance de la disolución en el macizo calcáreo de El Choco.

#### 4.1.2.3. Formas lacustres y endorreicas

Su principal representación se localiza en la Llanura Costera del Atlántico. Por su extensión destacan las *áreas pantanosas* o ciénagas, destacando la de La Goleta, con una longitud de 7 km y una anchura promedio de 1 km. Constituye el vestigio de una antigua *laguna* en proceso de desecación-colmatación, reducida en la actualidad a la laguna de Cabarete, de 1 km de eje mayor; ésta, posee carácter *permanente*, a diferencia de las lagunas del Higuero y de José Inglés, de carácter *estacional* y dimensiones de orden hectométrico.

Menor interés poseen las pequeñas lagunas asociadas a dolinas recubiertas por depósitos de descalcificación del macizo de El Choco, que alcanzan dimensiones de orden hectométrico.

Por otra parte, en el borde noroccidental del macizo se han observado ojos de agua (surgencias) sin representación cartográfica, correspondientes a descargas de su acuífero carbonatado.

#### 4.1.2.4. Formas marinas-litorales

Aunque sus principales manifestaciones corresponden a los extensos depósitos distribuidos a lo largo de la Llanura Costera del Atlántico, también se encuentran representadas en el macizo de El Choco, correspondiendo en este caso a formas erosivas.

La forma más determinante de la fisonomía costera es el *cordón litoral* que se extiende a lo largo de la práctica totalidad de la costa, en respuesta a la *dirección del viento dominante*. En su frente se instalan *playas arenosas*, destacando por sus dimensiones la de Cabarete, excepto en el extremo noroccidental, donde el cordón se dispone sobre las *construcciones biogénicas* de La Fm La Isabela, que configura pequeños *acantilados*, de altura inferior a 6 m, entre los que se intercalan pequeñas playas.

Hacia el interior, el cordón actual pasa a un *cordón litoral degradado*, en el que la fotografía aérea permite reconocer sus *líneas de crecimiento*. Hacia el noroeste, este antiguo cordón incluye grandes *dunas*, destacando la de Cabo Macorís, con una *cresta dunar* de más de 3 km y una orientación paralela a la línea de costa.

En el sector suroriental adquieren una amplia representación las marismas, áreas sometidas a la acción de las mareas. Las funcionales corresponden a *marismas bajas* o zonas afectadas por las mareas diarias, coincidentes con el *manglar*; su principal representación se encuentra en la Boca del Caño. Como consecuencia de la tendencia ascendente de La Española, las marismas se liberan progresivamente de la acción del mar hasta convertirse en *marismas abandonadas*, que aparecen como zonas extraordinariamente planas de la llanura costera.

El principal reflejo del ascenso insular son las *plataformas de abrasión* elevadas, que con disposición escalonada de NO a SE se reconocen en la mitad occidental. Se han reconocido seis niveles a cotas de +20 m, +60 m, +110 m, +180 m, +200 m y +220 m, de los que el primero, generado sobre la Fm La Isabela, aparece como una planicie salpicada por otras formas posteriores (dunas, lagunas, cordones) y afectado por la

fracturación, en tanto que los cinco restantes, desarrollados sobre las Fms. Los Haitises y Villa Trina, poseen carácter *degradado*. Generalmente, estos niveles están delimitados por *acantilados fósiles*, más o menos degradados, que aparecen como escarpes verticalizados de orden decamétrico. El más pronunciado es el que limita el macizo al noroeste y sureste, pero posiblemente se encuentre muy retocado por la fracturación.

Probablemente, estos niveles se correspondan con algunos de los 11 niveles de terrazas marinas reconocidos en el Promontorio de Cabrera (Hoja a escala 1:100.000 de Nagua, 6274), si bien tal correlación no ha podido establecerse debido al muy inferior grado de conservación de los de la presente Hoja, como consecuencia de la intensa fracturación y karstificación que los ha afectado.

#### 4.1.2.5. Formas originadas por meteorización química

Poseen una notable representación sobre las calizas de la Fm Los Haitises, configurando el macizo de El Choco como un *área con intensa karstificación*. Su forma más espectacular es el *campo de dolinas* que confiere su fisonomía característica a la región. Además de las *dolinas*, aparecen *uvalas* por confluencia de varias de ellas y *poljés*, en este caso probablemente también con influencia tectónica.

En algunas zonas, la disolución vertical se ha detenido, probablemente al alcanzar el sustrato impermeable integrado por las margas de la Fm Villa Trina, con lo que la disolución ha dado lugar a un retroceso lateral del macizo calcáreo, desarrollándose *áreas con dolinas y hums* o montículos en proporciones similares.

La karstificación también ha afectado a la Fm La Isabela, sobre la que se ha desarrollado un *campo de lapiacas* desnudo. El espectro de formas kársticas se completa por la presencia de *cuevas* de dimensiones muy variables.

## 4.2. Evolución e historia geomorfológica

Si bien la morfología de la zona está influenciada por los procesos acaecidos a lo largo de la historia de la Cordillera Septentrional, su fisonomía actual empieza a perfilarse durante el Plioceno, cuando el presente sector de la cordillera se encontraba bajo el

nivel del mar, estando configurado como una plataforma carbonatada de carácter arrecifal en la que se depositó la Fm Los Haitises. A partir de entonces, la evolución y la historia geomorfológica de la zona han estado condicionadas básicamente por la tendencia ascendente de la plataforma a lo largo del Cuaternario.

Así, durante el Pleistoceno Inferior comenzó la emersión del sector meridional de la zona como consecuencia de la actividad de la falla del Camú, provocando la elevación de su bloque septentrional y con ella, una migración paulatina de la línea de costa hacia el norte. Su resultado fue la elaboración de las sucesivas plataformas de abrasión del macizo de El Choco, sobre las que además comenzó a actuar una enérgica meteorización química de tipo kárstico.

Con esta evolución, probablemente a comienzos del Pleistoceno Medio ya se encontraría emergida una buena parte de la zona constituida por los actuales afloramientos de las Fms. Villa Trina y Los Haitises, es decir, del macizo de El Choco, en tanto que a finales de dicho periodo su emersión se habría completado.

Así, a comienzos del Pleistoceno Superior el sector noroccidental mantendría su configuración de plataforma carbonatada de carácter arrecifal, ahora con el depósito de la Fm La Isabela, en un contexto regresivo igualmente. Por el contrario, el actual Valle del Yásica constituiría una bahía, situándose la desembocadura del río unos 8 km al suroeste de la actual, en el ámbito de Los Brazos (Hoja a escala 1:50.000 de Gaspar Hernández, 6174-IV).

En el ámbito occidental del macizo, la red de drenaje ya habría esbozado su geometría actual, basada en cursos de pequeña longitud y una tendencia consecuente general. Sin embargo, en el resto del macizo, la actividad kárstica condicionaría la consiguiente aleatoriedad en el comportamiento hídrico.

La evolución más reciente también ha estado presidida por el incremento de la superficie emergida a expensas de la oceánica, incremento efectuado según tres mecanismos. En el sector noroccidental, la emersión se ha efectuado siguiendo el mismo patrón en periodos anteriores, es decir, mediante la elevación de la plataforma carbonatada de la Fm La Isabela. En el sector suroccidental, la emersión ha provocado la evolución de la marisma baja a marisma alta para finalmente quedar aislada de la actividad marina, es decir, abandonada; a medida que se producía la

ganancia de terreno al mar, el río Yásica avanzó mediante el desarrollo de una extensa llanura aluvial en la cual se produjeron numerosas migraciones del cauce principal. Por lo que respecta al sector central, el desarrollo de un cordón litoral favoreció la formación de extensas lagunas costeras que evolucionarían a áreas pantanosas en las que aún se conservan relictos de la laguna original; este cordón, generado según la dirección del viento dominante, también ha ocupado buena parte del litoral nororiental y noroccidental.

Como principales factores condicionantes de la futura evolución de la región, deben tenerse en cuenta: la tendencia ascendente de la misma, con retroceso de la línea de costa y descenso progresivo 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, debe tenerse en cuenta la influencia de las fallas que desnivelan bloques en el macizo de El Choco, así como la actividad gravitacional en las vertientes, especialmente en el sector meridional, la tendencia a la colmatación de las lagunas y áreas pantanosas costeras, y, por último, los retoques producidos por los fenómenos kársticos.

#### **4.3. 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 del sector occidental, afectada por procesos erosivos y, al menos temporalmente, de inundación; los primeros son representables mediante el correspondiente símbolo de incisión lineal, pero la escala no permite una representación areal de los segundos.

Dentro de la Hoja de Sabaneta de Yásica 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, y asociada a litologías especiales. La evidente actividad antrópica, especialmente en el ámbito de los principales núcleos de población, no tiene reflejo en la cartografía de procesos, pues sus principales efectos (carreteras, caminos, poblaciones...) ya aparecen plasmados en la base topográfica.

#### 4.3.1. 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 parcos y no pueden considerarse definitivos.

El registro histórico se inicia con la llegada de los españoles en el siglo XV, lo que limita su ámbito a los últimos 500 años, a diferencia de otras zonas del planeta donde el registro histórico abarca un milenio (Europa, Oriente Medio) o excepcionalmente varios milenios (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 Programa SYSMIN. El periodo cubierto ha sido 1505-2010.

La Hoja de Sabaneta de Yásica pone de manifiesto la necesidad de abordar los estudios sísmicos en relación con áreas de un orden de magnitud superior, ya que en la Hoja la distribución de epicentros aparece como una nube de puntos que no sigue patrón alguno. Sin embargo, en una representación de escala regional se evidencia cómo dichos epicentros forman parte de 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. 4.2).

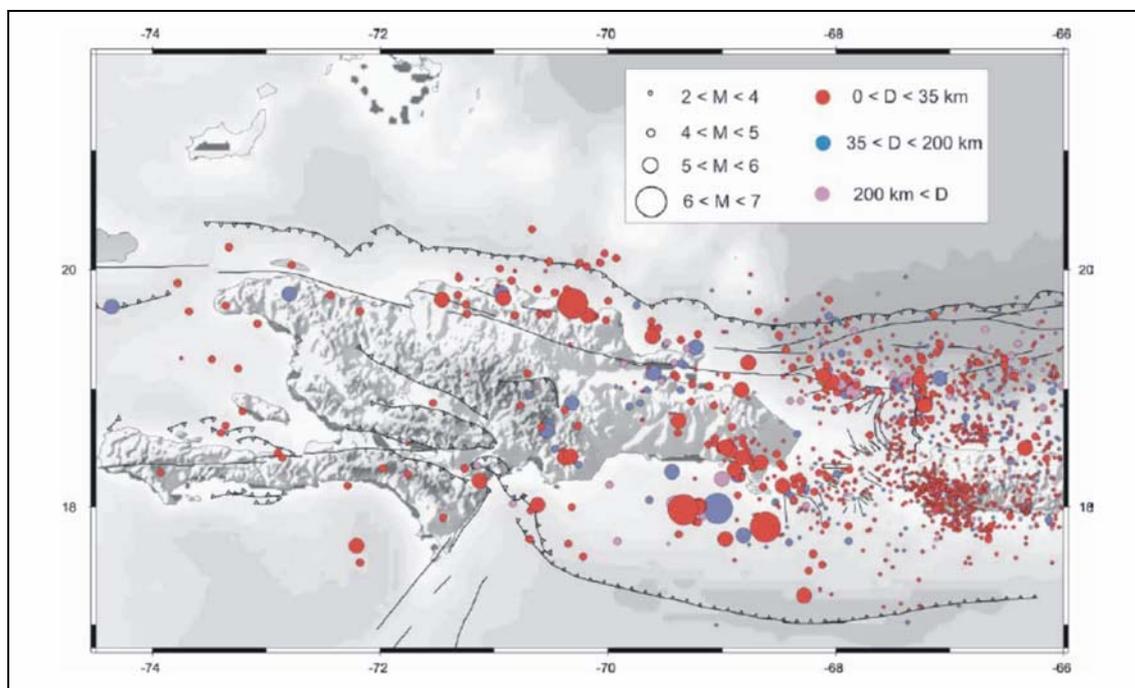


Fig. 4.2. Sismicidad instrumental de La Española (1972-2002). Catálogo NEIC-USGS (Calais, 2008)

En cualquier caso, los seísmos registrados en la Hoja son mayoritariamente de profundidad intermedia (25-43 km), si bien existen otros de carácter profundo (97-104 km), no pareciendo correlacionarse con estructuras reflejadas superficialmente en este mapa. 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 (Fig. 4.3), relacionándose con el proceso de subducción de la placa Norteamericana bajo la Caribeña (Dolan y Wald, 1998), perteneciendo a dicha sucesión el mayor evento registrado, que alcanzó una magnitud de 6,9 (1953).

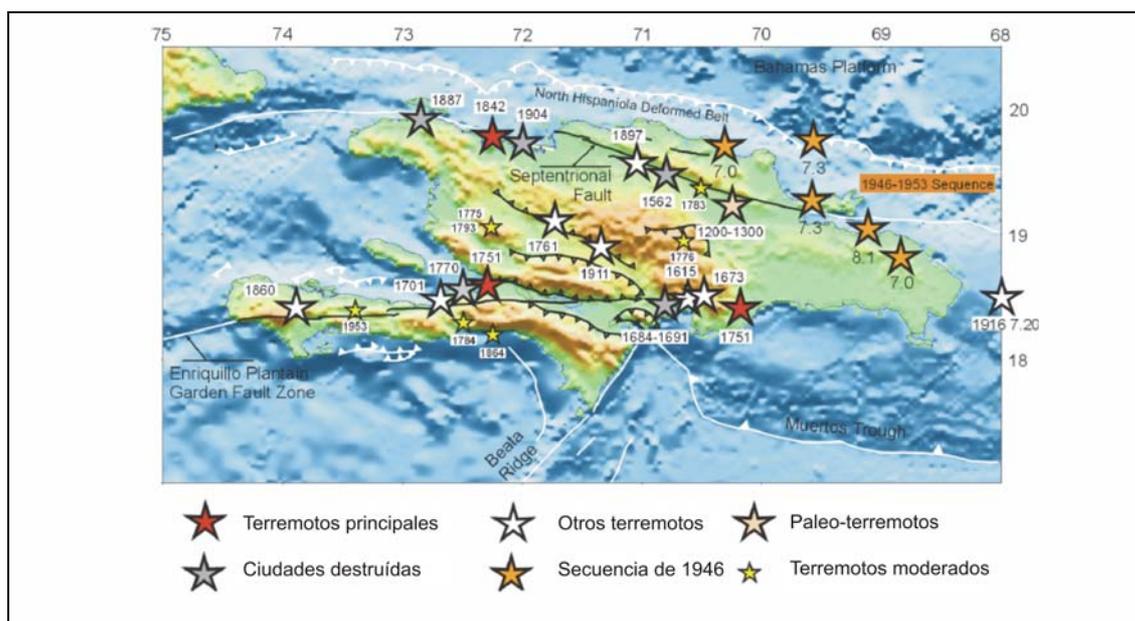


Fig. 4.3. Sismicidad histórica en La Española anterior a 1960 (Calais, 2008)

Conviene reseñar por su proximidad 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 señalada. 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).

#### 4.3.1.1. 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. La práctica totalidad de dicho dominio en la Hoja constituye un área vulnerable, si bien al oeste de Cabo Macorís la vulnerabilidad es menor.

#### 4.3.2. Tectónica activa

En una región donde la tectónica activa es evidente, como denuncian las diversas plataformas de abrasión elevadas del macizo de El Choco, tan sólo se reconoce una

pequeña cantidad de rasgos que denuncian este tipo de actividad. Los más destacados son las *fallas*, con frecuencia con *escarpe*, en algunos casos *degradados*. En general, se aprecia una mayor actividad de las fallas dominantes, de orientación NE-SO. También se constata el *bascamiento* regional hacia el NNE debido a la actividad de la falla del Camú, así como *buzamientos* en las calizas arrecifales de la Fm La Isabela.

Adoptando para la terraza inferior del Promontorio la edad de  $121 \pm 9$  ka señalada anteriormente por correlación con la terraza inferior de Cabo Francés Viejo y de la Llanura Costera del Caribe (Braga, 2010; Schubert y Cowart, 1982) y asignándole como cota más representativa +20 m, resulta una tasa de elevación de 0,16 mm/a (Fig. 4.4), tasa del mismo orden de magnitud que las estimadas en dicho promontorio (Hojas a escala 1:100.000 de Salcedo, 6174, y Nagua, 6274).

ESTIMACIONES DE EDADES Y TASAS DE ELEVACIÓN EN EL MACIZO DE EL CHOCO (Basado en datos de Braga, 2010)					
PLATAFORMAS DE ABRASIÓN	UNIDAD CARTOGRÁFICA	COTA (m)	TASA DE ELEVACIÓN (1) (mm/a)	DATACIÓN (ka)	EDAD
r <sub>1</sub>	4	+20	0,16	121+9	PLEISTOCENO SUPERIOR
r <sub>2</sub>	-	+60	0,16	400	PLEISTOCENO MEDIO
r <sub>3</sub>	-	+110	0,16	780	
r <sub>4</sub>	-	+180	0,16	1100	PLEISTOCENO INFERIOR
r <sub>5</sub>	-	+200	0,16	1200	
r <sub>6</sub>	-	+220	0,16	1300	

126 ka

781 ka

121: datación absoluta en Cabo Francés Viejo, corregida y correlacionada con la Llanura Costera del Caribe 1806 ka

400: datación estimada en base a la tasa de elevación y a la curva de Estadios Isotópicos (MIS)

(1) Tasas calculadas en base a la atribución temporal de r1(Fm La Isabela)

#### 4.4. Estimación de tasa de elevación y edad de las plataformas de abrasión del Macizo de El Choco

Este dato supone una aproximación, pero no se trata de un cálculo determinante, debido a las incertidumbres en las que se sustenta. Además, resulta bastante probable que la tasa haya variado con el tiempo; en este sentido, tomada la cota máxima de +372 m alcanzada por la Fm Los Haitises en la Hoja y suponiendo que su ascenso se iniciase durante el Plioceno (3,5 Ma), la tasa de elevación sería de 0,11 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 0,48 mm/a, cifra considerablemente superior pero también dentro del orden de magnitud de las estimadas en el Promontorio de Cabrera. De ello se deduce, que el sector del macizo de El Choco se ha elevado, al menos a lo largo del Cuaternario a una tasa promedio comprendida entre 0,11 y 0,48 mm/a.

#### 4.3.3. Actividad asociada a movimientos de laderas

Se trata de una actividad restringida a las zonas de afloramiento de la Fm Villa Trina, ya que la erosión de los extensos afloramientos de la Fm Los Haitises tiene lugar fundamentalmente por disolución kárstica. En cualquier caso, este tipo de actividad es difícil de evaluar, ya que pese a las elevadas pendientes existentes, son escasos los depósitos derivados de su inestabilidad, probablemente como consecuencia de su carácter efímero debido a la eficacia del retroceso de las vertientes y de los procesos de arroyada, sin olvidar su enmascaramiento por el desarrollo de la cobertura vegetal.

La principal actividad de tipo gravitacional se observa en el sector meridional, correspondiente a la margen izquierda del río Yásica, donde las elevadas pendientes, el sustrato margoso y la actividad de la falla del Camú confieren a las laderas una alta inestabilidad, pese a haberse diferenciado cartográficamente tan sólo una *cicatriz de despegue* cuya masa deslizada se encuentra en la Hoja a escala 1:50.000 de Gaspar Hernández (6174-IV).

#### 4.3.4. Actividad asociada a procesos de erosión

Se concentra en el litoral del sector noroccidental y especialmente, en las áreas donde se ha desarrollado una red de drenaje. Por el contrario, su intensidad es baja en las zonas de playa y marisma, en tanto que el desmantelamiento del macizo calcáreo de El Choco se efectúa por meteorización química.

La principal manifestación de los procesos de erosión viene dada por la *incisión lineal* asociada a la actividad de los distintos ríos y arroyos; en sus zonas de cabecera es más intensa la erosión asociada con el desarrollo de *cárcavas*. En el caso del río Yásica es muy destacada la *erosión lateral del cauce*, que favorece las frecuentes modificaciones de su curso principal.

En relación con la dinámica litoral de carácter erosivo, se restringe a los modestos *acantilados* esculpidos en la Fm La Isabela.

#### 4.3.5. 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, al igual que sobre el *canal principal* del río Yásica, a diferencia de las *llanuras de inundación* y los *cauces y meandros abandonados* en ellas, en los que las inundaciones se producen de forma estacional. Los *abanicos aluviales de baja pendiente* poseen una funcionalidad menos predecible, lo que dificulta su tratamiento, pudiendo dar lugar a violentos depósitos con una participación acuosa variable.

El régimen pluviométrico de la región hace que las *lagunas* y *áreas pantanosas* aparezcan frecuentemente como áreas inundadas.

Asociadas con la dinámica litoral actual se encuentran las *marismas bajas*, además de las *playas* y los *cordones litorales*. En relación con procesos de inundación en la franja costera, no deben olvidarse los potenciales efectos que podría ocasionar la ocurrencia de un tsunami ni los más frecuentes debidos a la llegada de tormentas tropicales y huracanes; en este sentido, en la cartografía se ha representado el límite del *área especialmente sensible a la llegada de huracanes* y que ocupa una buena parte de la Llanura Costera del Atlántico.

También son susceptibles de aparecer como áreas inundadas tras lluvias extraordinarias las innumerables depresiones de origen kárstico del macizo de El Choco, especialmente las revestidas por un importante depósito de arcillas de descalcificación.

#### 4.3.6. Actividad asociada a litologías especiales

Se restringe al macizo de El Choco, destacando por sus extensas áreas con *depressiones por disolución* cuyas dimensiones no han posibilitado su representación cartográfica individualizada, relacionadas con los procesos kársticos que afectan a las calizas de la Fm Los Haitises. Evidenciando la actividad kárstica, aunque con efectos menos perceptibles, es preciso señalar el extenso *lapiaz desnudo* desarrollado sobre las calizas de las Fms. Los Haitises y La Isabela.

En función de la intensidad de los procesos de disolución, es preciso tener en cuenta los potenciales procesos de colapso que podrían generarse como consecuencia del desarrollo del endokarst, originando en su caso dolinas superficiales.

## 5. HISTORIA GEOLÓGICA

La ausencia en la Hoja de Sabaneta de Yásica de afloramientos de rocas anteriores al Mioceno Medio hace que la reconstrucción de la historia geológica previa a dicho periodo entre en el terreno de las hipótesis, sustentadas en el conocimiento de los territorios circundantes. Del conocimiento de éstas se desprende que las rocas más antiguas de la Cordillera Septentrional se generaron en el contexto del arco insular primitivo del Caribe, ligado a la subducción de la placa Norteamericana bajo la proto-Caribeña.

La convergencia entre ambas placas dio lugar durante el Paleoceno-Eoceno a su colisión, poniendo fin al funcionamiento del arco de islas circumcaribeño, con exhumación de rocas de la placa subducida. El carácter oblicuo de la colisión dio paso a un régimen transpresivo caracterizado por la creación de grandes cuencas, rellenas por potentes sucesiones turbidíticas.

La deformación a comienzos del Mioceno provocó la emersión de zonas que suministraron materiales de naturaleza continental a las pequeñas cuencas generadas entre los relieves positivos. La sedimentación se uniformizó a finales del Mioceno como consecuencia de la transgresión que dio lugar al depósito de la Fm Villa Trina en un contexto marino de talud-cuenca.

La tendencia ascendente de La Española se puso de manifiesto durante el Plioceno mediante la somerización de los ambientes que permitió la sedimentación de la Fm Los Haitises en una extensa plataforma carbonatada, con desarrollo de construcciones arrecifales.

Dicha tendencia ha presidido la evolución de la región durante el Cuaternario, articulándose fundamentalmente en función de la actividad de la falla del Camú. Así, durante el Pleistoceno Inferior comenzó la emersión del sector meridional de la zona provocando la elevación de bloque septentrional, coincidente con el macizo de El Choco, y con ella una migración paulatina de la línea de costa hacia el norte. Su resultado fue la elaboración de las sucesivas plataformas de abrasión sobre las que además comenzó a actuar una enérgica meteorización química de tipo kárstico.

Bajo estas circunstancias, probablemente a comienzos del Pleistoceno Medio ya habría emergido una buena parte del macizo, emersión que se habría completado a finales de dicho periodo, si bien en el territorio situado al norte persistiría la sedimentación en una plataforma carbonatada de carácter arrecifal, en la que se depósito la Fm La Isabela.

Por el contrario, el actual Valle del Yásica constituiría una bahía, con la desembocadura del río unos 8 km al suroeste de la actual, en el ámbito de Los Brazos (Hoja a escala 1:50.000 de Gaspar Hernández, 6174-IV). En el ámbito occidental del macizo, la red de drenaje ya habría esbozado su geometría actual, con pequeños cursos de tendencia consecuente general. Sin embargo, en el resto del macizo, la actividad kárstica condicionaría la consiguiente aleatoriedad en el comportamiento hídrico.

La evolución más reciente también ha estado caracterizada por el incremento de la superficie emergida mediante tres mecanismos: la elevación de la plataforma carbonatada de la Fm La Isabela, en el sector noroccidental; la evolución de la marisma baja a marisma alta para finalmente quedar aislada de la actividad marina, en el sector suroccidental; y el desarrollo de un cordón litoral que aisló lagunas costeras que evolucionarían a áreas pantanosas, en el sector central.

## 6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

### 6.1. Hidrogeología

#### 6.1.1. Climatología e hidrología

El territorio ocupado por la Hoja de Sabaneta de Yásica está afectado por un típico clima tropical, con temperaturas anuales medias que varían entre 24 y 26°C, observándose un efecto suavizador del océano ante los cambios de temperatura en relación con regiones meridionales.

En cuanto a las precipitaciones, sus valores anuales medios son de 1.800-2.000 mm, aumentando a 2.600-2.900 en los años húmedos y disminuyendo a 1.300-1.600 mm en los secos; en cualquier caso, estos valores pluviométricos son incrementados de forma irregular por la llegada de huracanes y tormentas tropicales.

Ya que la mayor parte de los afloramientos de la Hoja están constituidos por las calizas karstificadas de la Fm Los Haitises, la escorrentía se resuelve subterráneamente en buena medida. La red fluvial se restringe a la periferia del macizo de El Choco, estando integrada en el sector occidental por una densa red de arroyos y cañadas de carácter permanente o estacional, en tanto que en el sector oriental la red se articula en torno al río Yásica, principal elemento de la red de drenaje de la región. Debido a la climatología de la zona, estos cursos fluviales pueden ser afectados por crecidas rápidas y violentas.

#### 6.1.2. Hidrogeología

En el cuadro adjunto (Fig. 6.1.) se resumen las unidades o agrupaciones hidrogeológicas consideradas en la Hoja de Sabaneta de Yásica. En él se señalan, para cada unidad o agrupación hidrogeológica, la litología predominante, el grado de permeabilidad y, en su caso, las características de los acuíferos que alberga, además de algunas observaciones puntuales.

Las unidades y agrupaciones consideradas se ajustan a las siguientes tipologías:

- *Formaciones porosas y fisuradas, que constituyen acuíferos de permeabilidad muy alta a alta y productividad alta.* Son los conjuntos calcáreos neógenos (Fm Los Haitises e intercalaciones del Mb La Piedra en la Fm Villa Trina) y pleistocenos (Fm La Isabela), afectados por una intensa karstificación.
- *Formaciones porosas, que constituyen acuíferos de permeabilidad alta, pero de productividad limitada* debido a sus dimensiones. Se incluyen entre ellas los depósitos de fondo de valle, llanura de inundación, cauce y meandro abandonado, cordón litoral y dunas asociadas, marisma baja y playa.
- *Formaciones de baja permeabilidad y sin acuíferos significativos.* Se trata de la sucesión margosa neógena de la Fm Villa Trina y de los depósitos correspondientes a arcillas de descalcificación llanuras intermareales abandonadas, abanicos aluviales de baja pendiente, lagunas y áreas pantanosas.

EDAD	UNIDAD O AGRUPACIÓN HIDROGEOLÓGICA	UNIDADES CARTOGRÁFICAS	LITOLÓGÍAS	GRADO/TIPO DE PERMEABILIDAD	TIPOS DE ACUÍFEROS Y OBSERVACIONES
CUATERNARIO	Depósitos litorales y fluviales	6, 7, 9, 10, 12, 14, 15, 16	Arenas y arenas y gravas	Alta por porosidad intergranular	Acuíferos libres de productividad limitada
	Depósitos kársticos, llanuras intermareales abandonadas, abanicos aluviales de baja pendiente, lagunas y áreas pantanosas	5, 8, 11, 13, 17	Lutitas	Baja	Sin acuíferos significativos
	Fm La Isabela	4	Calizas arrecifales	Muy alta por porosidad intergranular, karstificación y fracturación	Acuífero libre que descarga al mar
MIOCENO-PLIOCENO	Fm Los Haitises y Mb La Piedra	2, 3	Calizas	Muy alta por karstificación y fracturación	Acuífero libre extenso de elevada productividad que pueden alimentar a algunos acuíferos cuaternarios
	Fm Villa Trina	1	Ritmita margoso-calcárea. Intercalaciones de calizas	Baja. Alta por karstificación en las intercalaciones	Sin acuíferos significativos

Fig. 6.1. Cuadro-resumen de las unidades o agrupaciones hidrogeológicas de la Hoja de Sabaneta de Yásica

La zona se enmarca en la Unidad Hidrogeológica nº 5-“Cordillera Septentrional” (Acuater, 2000) y de forma más específica en su Subunidad denominada Sabaneta-EI

Choco (Eptisa, 2004), localizada en el sector norte de la Unidad, mostrando un límite septentrional abierto, con aportación al océano Atlántico.

Siendo la Fm Los Haitises el acuífero principal, buena parte de las elevadas precipitaciones se traducen en escorrentía subterránea, con aportes a acuíferos cuaternarios periféricos y al mar, pero con un aprovechamiento mínimo para actividades humanas al aflorar en zonas escasamente habitadas y que evidencian un claro desinterés económico en la actualidad.

Todo lo contrario ocurre en la Llanura Costera del Atlántico, donde además del aprovechamiento de las aguas del río Yásica mediante acequias, se observa una elevada concentración de puntos de agua, tanto en la franja costera como en el valle del Yásica; el total de puntos inventariados asciende a 76, de los que 73 corresponden a pozos, empleados en su mayoría para abastecimiento doméstico. Además de estos drenajes para aprovechamiento humano, la descarga de los acuíferos se produce mediante aportaciones al mar o a otros acuíferos cuaternarios.

Los valores de transmisividad calculados para las calizas de la Fm Los Haitises en la cordillera varía para los dos puntos ensayados entre 179,5 y 621,8 m<sup>2</sup>/día, en función del grado de karstificación (Eptisa, 2004). Los depósitos fluviales cuaternarios alcanzan valores que pueden aproximarse a 4.000 m<sup>2</sup>/día, pero muestran sensibles variaciones en función del contenido lutítico y del grado de cementación.

Los datos piezométricos existentes denuncian oscilaciones notables de los niveles, con descensos durante los periodos de estiaje y recuperaciones durante agosto-septiembre. El flujo general es hacia el mar, como se deduce del buzamiento hacia el norte del contacto entre las Fms. Villa Trina y Los Haitises.

En cuanto a la calidad química de las aguas, presentan un marcado carácter bicarbonatado-cálcico en el macizo de El Choco, así como ciertas tendencias clorurado-sódicas en los acuíferos cuaternarios costeros, indicando en este caso la influencia marina.

## 6.2. Recursos minerales

Los indicios identificados en la Hoja de Sabaneta de Yásica corresponden exclusivamente al grupo de las Rocas Industriales (Fig. 6.2).

### 6.2.1. Rocas Industriales

La actividad extractiva se ha centrado en canteras de materiales relacionados con obras de distinto tipo, principalmente de tipo urbanístico y de infraestructura vial, tanto en lo que se refiere a construcción, como reparación y mantenimiento.

Excepto una pequeña explotación de arenas para áridos naturales, de carácter intermitente, la producción de las canteras consiste en áridos de machaqueo. Predominan las de tamaño medio y pequeño, abandonadas en casi todas los casos; la actividad actual se centra en el paraje de La Atravesada, donde se localiza la única explotación activa de carácter permanente, que además posee notables dimensiones. Se sitúan en los bordes de caminos y carreteras para facilitar el transporte al punto de utilización.

NÚMERO	COORDENADAS UTM		FORMACIÓN	SUSTANCIA	ACTIVIDAD	TAMAÑO	UTILIZACIÓN
	X	Y					
1	03 43.804	21 86.376	La Isabela	Caliza	Activa	Grande	Arm
2	03 46.918	21 86.456	Villa Trina	Caliza	Abandonada	Mediana	Arm
3	03 46.310	21 83.790	Los Haitises	Caliza	Activa	Mediana	Arm
4	03 53.072	21 79.051	Los Haitises	Caliza	Abandonada	Pequeña	Arm
5	03 49.047	21 77.680	Los Haitises	Caliza	Abandonada	Pequeña	Arm
6	03 49.896	21 86.456	Villa Trina	Caliza	Abandonada	Mediana	Arm
7	03 59.037	21 76.864	Cordón dunar	Arena	Intermitente	Pequeña	Ari

Ari: Áridos naturales

Arm: Áridos de machaqueo

Fig. 6.2. Cuadro resumen de indicios mineros de la Hoja de Sabaneta de Yásica

#### 6.2.1.1. Descripción de las Sustancias

Mayoritariamente se explotan calizas, ya sean micríticas, arrecifales o brechoides, agrupadas en capas o en bancos, pertenecientes al Mb La Piedra o a las Fms. Los Haitises y La Isabela. Aunque su espesor es variable, en todos los casos sobrepasa la decena de metros.

La única excepción a lo señalado es la cantera de áridos naturales emplazada en el cordón dunar actual, que explota sus arenas blancas. Su altura se aproxima a 5 m.

#### 6.2.2. Potencial minero

##### 6.2.2.1. Rocas Industriales y Ornamentales

Como se ha señalado, la actividad en este sector está ligada al campo de las obras, fundamentalmente a la construcción, reparación y mantenimiento de edificaciones y vías de comunicación.

Los litotectos existentes en la Hoja no tienen características que les aseguren un panorama de explotación permanente y de exportación a otras zonas del país, estando condicionado a la futura actividad constructiva. En cualquier caso, las reservas de todos ellos son grandes.

## **7. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO**

La protección de diversas zonas del territorio tiene como finalidad asegurar la continuidad natural de los ecosistemas, preservándolos de actividades antrópicas destructivas, así como evitar el uso abusivo de sus recursos. Dentro de los recursos no renovables de un país, el patrimonio ocupa un lugar relevante, pues proporciona una información fundamental para conocer la historia de la Tierra y la vida que en ella se desarrolla. Al mismo tiempo, su estudio e interpretación ponen de manifiesto otros recursos potencialmente utilizables que, empleados de forma racional y ordenada, pueden resultar beneficiosos para la humanidad. Es por ello necesario, no sólo preservar el medio natural y, en este caso, el patrimonio geológico, sino también estudiarlo en detalle, para así difundir el conocimiento que encierra y crear conciencia de su conservación.

Atendiendo a estas consideraciones, se puede definir un Lugar de Interés Geológico (L.I.G.), como un recurso natural no renovable, donde se reconocen características de especial importancia para interpretar y evaluar los procesos geológicos que han actuado en un área.

En este sentido, es conveniente la realización de un inventario de lugares de interés geológico dignos de medidas de protección y aprovechamiento con fines divulgativos, educativos o turísticos. Por tanto, contenido, posible utilización y nivel de significado definen un L.I.G., que puede corresponder a un punto, un itinerario o un área.

### **7.1. Relación de los L.I.G.**

En la Hoja de Sabaneta de Yásica se han inventariado dos Lugares de Interés Geológico: Sección estratigráfica de la cantera de Bombita y Macizo kárstico de El Choco.

### **7.2. Descripción de los Lugares**

Se describen los L.I.G. considerados, señalando el tipo de interés en función de su contenido (tectónico, estratigráfico, paleontológico...), de su posible utilización

(científico, didáctico, económico o turístico), así como de su ámbito de influencia (local, regional, nacional o internacional).



Fig. 7.1. Esquema de situación de los LIG de la Hoja de Sabaneta de Yásica (6175-III)

- LIG n° 1. Sección estratigráfica de la cantera de Bombita

Posee carácter puntual, localizándose junto a la pista que une las carreteras Cabarete-Sosúa y Moca-Sabaneta de Yásica, pasando por El Choco y La Catalina, concretamente a 1 km de la primera carretera, al oeste de Bombita. Se trata de varios frentes de cantera que permiten una buena visión general y observaciones de detalle de la Fm La Isabela. Es su mejor exposición en la zona, permitiendo interesantes observaciones sedimentológicas, así como el establecimiento de su evolución secuencial. Aunque no aflora la totalidad de la formación, su representatividad es mucho mayor que la de cualquier otro afloramiento, incluidos los acantilados cercanos. Su interés principal por su contenido es de tipo sedimentológico, con un interés geomorfológico y estratigráfico subordinado, en tanto que por su utilización se puede considerar como científico y didáctico, y por su influencia, regional.

Los niveles inferiores muestran fragmentos de calizas coralinas entre los que se observa una matriz margosa, que representan facies de talud arrecifal medio (Braga, 2010). Por encima se aprecia una disminución del contenido margoso, pero una textura semejante, asociándose con facies de talud arrecifal proximal, evidenciando una tendencia ascendente de la región. El rasgo más llamativo de la sección es la presencia por encima de un delgado nivel rojizo, atribuido a procesos de karstificación y edafización desarrollados sobre una nítida superficie de erosión y que suponen la emersión de la zona, culminando la tendencia observada en los niveles inferiores. La sección finaliza mediante un tramo de calizas correspondientes al armazón arrecifal, que implican un nuevo avance marino dentro de una tendencia regresiva global.

Los rasgos sedimentológicos y estratigráficos señalados, con las implicaciones paleogeográficas que conllevan, pueden ser complementados con observaciones de tipo geomorfológico, concretamente de la plataforma de abrasión elaborada a techo de la Fm La Isabela, que es la plataforma más baja y reciente de la zona.

- LIG nº 2. Macizo kárstico de El Choco

Es un paraje peculiar, semejante al de la región de Los Haitises, especialmente en sus áreas menos accesibles. A diferencia del carácter puntual del LIG anterior, se trata de una zona de algo más de 50 km<sup>2</sup> comprendida entre Bombita, al norte, y Los Brazos, al sur, caracterizada por el predominio de los afloramientos de calizas de la Fm Los Haitises, sobre los que la intensa meteorización química ha favorecido el desarrollo de un espectacular modelado kárstico. Su acceso principal es la pista que une las carreteras Cabarete-Sosúa y Moca-Sabaneta de Yásica, ramificada a través de numerosas sendas que permiten múltiples observaciones. Por la pista que accede desde Cabarete al Parque Nacional El Choco, también pueden efectuarse observaciones complementarias. Su interés principal por su contenido es de tipo geomorfológico, en tanto que por su utilización se puede catalogar como de interés didáctico y turístico, y por su influencia, regional.

A lo largo de la pista principal y desde unos 2 km al sureste del LIG anterior hasta La Catalina, pueden apreciarse rasgos de diversa índole. Con relación a aspectos litoestratigráficos y sedimentológicos, las observaciones pueden efectuarse en las diversas canteras existentes junto a la pista. También son frecuentes los afloramientos de las arcillas rojas que constituyen el producto de la descalcificación de las calizas,

especialmente en las inmediaciones de El Choco. En el sector meridional, donde existen perspectivas visuales más amplias, se observa el efecto que ejercen sobre el modelado las fallas de orientación NE-SO, desnivelando bloques.

Por lo que respecta al ámbito del Parque Nacional El Choco, destacan las morfologías como cuevas, *hums* o montículos (haitises), dolinas y, en el borde del macizo, ojos de agua (surgencias).

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- ACUATER (2000).** Mapa Hidrogeológico Nacional. Planicie Costera Oriental, mapa nº 9/1/3 Escala 1:50 000. Programa SYSMIN, Proyecto J. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- AYALA, C., GARCÍA-LOBÓN, J.L., ESCUDER-VIRUETE, J., REY-MORAL, C., PÉREZ-ESTAÚN, A., PADÍN-DEBÉN, A. (in press).** High resolution magnetic, regional gravity and petrophysical characterization of the Central Cordillera (Dominican Republic). *Geologica Acta* (2010).
- BOISSEAU, M. (1987).** Le flanc nord-est de la Cordillere Centrale Dominicaine (Española, Grandes Antilles). Un édifice de nappes Crétacé polyphase. Tesis Doctoral, Universidad Pierre y Marie Curie, París, 200 pp.
- BOWIN, C. (1960).** Geology of central Dominican Republic. Tesis Doctoral. Universidad de Princeton, Nueva Jersey, 211 pp.
- BRAGA, J.C. (2010).** Informe sobre las Formaciones Arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto 1B. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo, 73 pp.
- BROUWER, S.B., BROUWER, P.A. (1982).** Geología de la región ambarífera oriental de la Republica Dominicana. 9ª Conferencia Geológica del Caribe, Santo Domingo, Republica Dominicana. *Memorias*, 1, 303-322.
- CALAIS, E. (2008).** Risque Sismique en Haïti: Fondements Scientifiques et Nature du Risque. Conferencia de Puerto Príncipe.
- CALAIS, E., MERCIER DE LEPINAY, B., RENARD, V., TARDY, M. (1989).** Geometrie et regime tectonique le long d'une limite de plaques en coulissage: La frontiere nord-Caraibe de Cuba a Hispaniola, Grandes Antilles. *Compte rendu de l'Académie Science Paris*, 8, 131-135.
- CGG (COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE) (1999).** Informe final sobre la prospección magnética y radiométrica aereoportada del territorio de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto E. Servicio Geológico Nacional. Santo Domingo.

**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.

**DE ZOETEN, R., DRAPER, G., MANN, P. (1991).** Geologic Map of the Northern Dominican Republic. 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, 401 pp.

**DE ZOETEN, R., MANN, P. (1991).** Structural geology and Cenozoic tectonic history of the central Cordillera Septentrional, Dominican Republic. En MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F. (Eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 265-279.

**DE ZOETEN, R., MANN, P. (1999).** Cenozoic El Mamey Group of northern Hispaniola: A Sedimentary Record of Subduction, Collisional and Strike-Slip Events within the North America-Caribbean Plate Boundary Zone. En: MANN, P. (Ed.) Caribbean Basins. Sedimentary Basins of the World, 4, 247-286.

**DEMETS, C., JANSMA P., MATTIOLI, G., DIXON, T., FARINA, F., BILHAM, R., CALAIS, E., MANN, P. (2000).** GPS geodetic constraints on Caribbean-North America plate motion, Geophys. Res. Lett., 27, 437-440.

**Servicio Geológico Nacional (SGN), BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (BGR); COOPERACIÓN MINERA DOMINICO-ALEMANA (1991).** Mapa geológico de la República Dominicana Escala 1:250.000.

**DIXON, T., FARINA, F., DEMETS, C., JANSMA, P., CALAIS, E. (1998).** Relative motion between the Caribbean and North American plates and related boundary zone deformation based on a decade of GPS measurements. J. Geophys. Res., 103, 15, 157-182.

**DOLAN, J.F. (1988).** Paleogene sedimentary basin development in the eastern Greater Antilles; Three studies in active-margin sedimentology. Tesis Doctoral, Universidad de California, Santa Cruz, 235 pp.

**DOLAN, J.F., MANN, P. (1998).** Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Geological Society of America Special Paper, 326, 174 pp.

**DOLAN, J.F., MULLINS, H.T., WALD, D.J. (1998).** Active tectonics of the north-central Caribbean: Oblique collision, strain partitioning and opposing subducted slabs. En: DOLAN, J.F., MANN, P. (Eds.). Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Geological Society of America Special Paper, 326, 1-61.

**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.

**DRAPER, G., NAGLE, F. (1991).** Geology, structure, and tectonic development of the Río San Juan Complex, northern Dominican Republic. 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, 77-95.

**EBERLE, W., HIRDES, W., MUFF, R., PALAEZ, M. (1982).** The geology of the Cordillera Septentrional (Dominican Republic). Transactions 9th Caribbean Geological Conference, Santo Domingo. Santo Domingo, República Dominicana, Amigo del Hogar, 619-632.

**EPTISA (2004).** Estudio hidrogeológico Nacional de la República Dominicana. Fase II Programa SYSMIN, Proyecto N. Servicio Geológico Nacional. Santo Domingo.

**ITURRALDE, M. (2001).** Geology of the amber-bearing deposits of the Greater Antilles. Caribbean Journal of Science, 37, 3-4, 141-167.

**MANN, P. (1983).** Cenozoic tectonics of the Caribbean structural and stratigraphic studies in Jamaica and Hispaniola. Tesis Doctoral. Universidad de Nueva York, Albany, 688 pp. (Inédito).

**MANN, P., BURKE, K., MATSUMOTO, T. (1984).** Neotectonics of Hispaniola; Plate motion, sedimentation and seismicity at a restraining bend. Earth and Planetary Science Letters, 70, 311-324.

**MANN, P., CALAIS, E., RUEGG, J. C., DEMETS, C., DIXON, T., JANSMA, P., MATTIOLI, G. (2002).** Oblique collision in the northeastern Caribbean from GPS measurements and geological observations. *Tectonics*, 21, 6, 1057.

**MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F., Eds. (1991a).** Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. *Geological Society of America Special Paper*, 262, 401 pp.

**MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (1991b).** 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., GRINDLAY, N., DOLAN, J. (1999).** Subduction to Strike-slip Transitions on Plate Boundaries Conveners. Penrose Conference Puerto Plata, Dominican Republic.

**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.

**MERCIER DE LEPINAY, B. (1987).** L'évolution géologique de la bordure Nord-Caraïbe: L'exemple de la transversale de l'île d'Hispaniola (Grandes Antilles). Tesis Doctoral, Universidad Pierre y Marie Curie, 378 pp. (Inédito).

**NAGLE, F. (1966).** Geology of the Puerto Plata area, Dominican Republic. Tesis Doctoral. Universidad de Princeton, Nueva Jersey, 171 pp. (Inédito).

**PÉREZ-ESTAÚN, A., HERNAIZ, P.P., LOPERA, E., JOUBERT, M., Eds. (2007).** Geología de la República Dominicana. *Boletín Geológico y Minero, IGME*, 118-2, 155-413.

**PÉREZ-ESTAÚN, A., TAVARES, I., GARCÍA CORTÉS, A., HERNAIZ, P.P., Eds. (2002).** Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. *Acta Geologica Hispanica*, 37, 77-80.

**PINDELL, J. L., BARRETT, S. F. (1990).** Geological evolution of the Caribbean region: a plate tectonic perspective. En: DENG, G., CASE, J.E. (Eds.). *The Caribbean, Volume H, Decade of North American Geology*. Geological Society of America, Boulder, Colorado, 404-432.

**PINDELL, J.L., DRAPER, G. (1991).** Stratigraphy and Geological History of the Puerto Plata Area, Northern Dominican Republic. 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, 97-114.

**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. Dirección General de Minería, 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.