



**MAPA GEOLÓGICO
DE LA REPÚBLICA DOMINICANA**

ESCALA 1:50.000

**BOCA CHICA
(6271-II)**

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 Gumié (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 (TYPSA) del Programa SYSMIN

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

- Dr. Andrés Pérez-Estaún (Instituto Ciencias de la Tierra Jaume 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 Santo Domingo (6271) y Memoria adjunta
- Mapa de Recursos Minerales del Cuadrante a escala 1:100.000 de Santo Domingo (6271) 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 Boca Chica (6271-II) se encuentra situada en el sector meridional de la República Dominicana, inmediatamente al este de la capital, Santo Domingo. Su exiguo territorio emergido forma parte de la Llanura Costera del Caribe, mar que baña su litoral.

Su fisonomía responde a una historia geológica muy reciente. Sus materiales más antiguos, depositados durante el Plioceno, afloran en el sector septentrional. Corresponden a los materiales margoso-calcáreos de la Fm Yanigua, depositada en un contexto de *lagoon*, que pasan hacia el sur a los materiales calcáreos de carácter arrecifal atribuidos a la Fm Los Haitises. Encajada en éstos y configurando escalonamientos de gran continuidad lateral que descienden hacia el mar Caribe, aflora la Fm La Isabela, de carácter arrecifal igualmente, depositada durante el Pleistoceno.

De forma discontinua e irregular, sobre este armazón Neógeno-Pleistoceno se distribuyen afloramientos de sedimentos cuaternarios, principalmente de origen kárstico.

No se aprecia deformación de los materiales aflorantes, con una total ausencia de estructuras tectónicas, de forma que la dinámica interna de la zona se manifiesta exclusivamente por el ascenso conjunto de la región, cuyo resultado son los aterrazamientos de los conjuntos arrecifales.

La evolución de la zona supone su elevación continua, con la consiguiente ganancia de terreno al mar y la retirada progresiva de éste. Este ascenso puede reconstruirse a lo largo del Cuaternario desde la emersión del dispositivo plioceno constituido por las Fms. Los Haitises-Yanigua (construcción arrecifal-/lagoon), morfología que se conserva hoy día. Posteriormente, la retirada marina dio lugar al desarrollo de nuevos sistemas arrecifales encajados hacia el sur (Fm La Isabela).

ABSTRACT

The 1:50.000 Boca Chica Sheet (6271-II) is located in the southern sector of the Dominican Republic, next to Santo Domingo. His emerged territory belongs to the Llanura Costera del Caribe, sea that bathes its coasts.

Appearance is due to their very recent geological history. Older materials, deposited during the Pliocene times outcrop in the northeast sector. They are the marl-limestone Yanigua Fm, sedimented in a lagoon context, passing southwards to reef limestones Haitises Fm. Embedded in this unit and forming lower surfaces descending to Caribbean Sea, it crops out La Isabela Fm, reef limestones too, deposited during Pleistocene times.

Outcrops discontinuous and irregularly on Los Haitises Fm, it appears quaternary materials, mainly karstic sediments.

There is a total absence of structures, but internal dynamics is expressed by the continuous regional rise, which results in terraces of the reef units.

Evolution zone is based on continuous uplift, increasing land and coastal line retreat. Their lifting can be reconstructed from the platform Pliocene until today, from pliocene shelf (reef-lagoon, Haitises-Yanigua Fms.) emergence, whose morphology is recognizable today. Later, sea level fall originated other embedded reef complexes to south (La Isabela Fm).

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1. Metodología | 10 |
| 1.2. Situación geográfica | 13 |
| 1.3. Marco geológico..... | 16 |
| 1.4. Antecedentes | 17 |
| 2. ESTRATIGRAFÍA | 20 |
| 2.1. Cenozoico | 20 |
| 2.1.1. Plioceno-Pleistoceno..... | 20 |
| 2.1.1.1 Fm Yanigua (1) Margas amarillentas y calizas. Plioceno-Pleistoceno Inferior N ₂ -Q ₁ | 21 |
| 2.1.1.2 Fm Los Haitises (2). Calizas arrecifales y calizas. Plioceno-Pleistoceno Inferior N ₂ -Q ₁ | 23 |
| 2.1.1.3 Fm La Isabela. Plataforma Superior (3) Calizas arrecifales. (4) Calizas bioclásticas y arrecifales. Plataforma Inferior (6) Calizas arrecifales. (7) Calizas bioclásticas y arrecifales. Pleistoceno Medio-Superior Q ₂₋₃ | 25 |
| 2.1.2. Holoceno | 28 |
| 2.1.2.1 Fondo de dolina o uvala (5). Arcillas de descalcificación. Pleistoceno-Holoceno Q ₁₋₄ | 29 |
| 2.1.2.2 Playa (8). Arenas. Holoceno Q ₄ | 29 |
| 2.1.2.3 Laguna (9). Lutitas. Holoceno Q ₄ | 29 |
| 2.1.2.4 Depósitos antrópicos (10). Bloques. Holoceno Q ₄ | 29 |
| 3. TECTÓNICA | 31 |
| 3.1. Estructura..... | 31 |
| 3.2. Estructura de la Hoja de Boca Chica | 31 |
| 4. GEOMORFOLOGÍA..... | 34 |
| 4.1. Análisis geomorfológico | 34 |
| 4.1.1. Estudio morfoestructural | 34 |
| 4.1.1.1 Formas estructurales | 36 |
| 4.1.2. Estudio del modelado..... | 36 |
| 4.1.2.1 Formas lacustres y endorreicas | 36 |
| 4.1.2.2 Formas marinas-litorales..... | 36 |
| 4.1.2.3 Formas originadas por meteorización química | 37 |
| 4.1.3. Formas antrópicas | 38 |
| 4.2. Evolución e historia geomorfológica | 38 |

| | |
|--|----|
| 4.3. Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico | 40 |
| 4.3.1. Actividad sísmica | 41 |
| 4.3.1.1 Tsunamis..... | 42 |
| 4.3.2. Tectónica activa | 44 |
| 4.3.3. Actividad asociada a movimientos de laderas | 44 |
| 4.3.4. Actividad asociada a procesos de erosión..... | 45 |
| 4.3.5. Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación | 45 |
| 4.3.6. Actividad asociada a litologías especiales | 45 |
| 4.3.7. Actividad antrópica..... | 46 |
| 5. HISTORIA GEOLÓGICA | 47 |
| 6. GEOLOGÍA ECONÓMICA..... | 50 |
| 6.1. Hidrogeología..... | 50 |
| 6.1.1. Climatología e hidrología | 50 |
| 6.1.2. Hidrogeología..... | 50 |
| 6.2. Recursos minerales | 52 |
| 6.2.1. Rocas Industriales..... | 53 |
| 6.2.1.1 Descripción de las Sustancias | 54 |
| 6.2.2. Potencial minero | 54 |
| 6.2.2.1 Rocas Industriales y Ornamentales | 54 |
| 7. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO | 55 |
| 7.1. Relación de los L.I.G..... | 55 |
| 7.2. Descripción de los Lugares..... | 56 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA | 59 |

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 TYPSA) 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)

- 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)

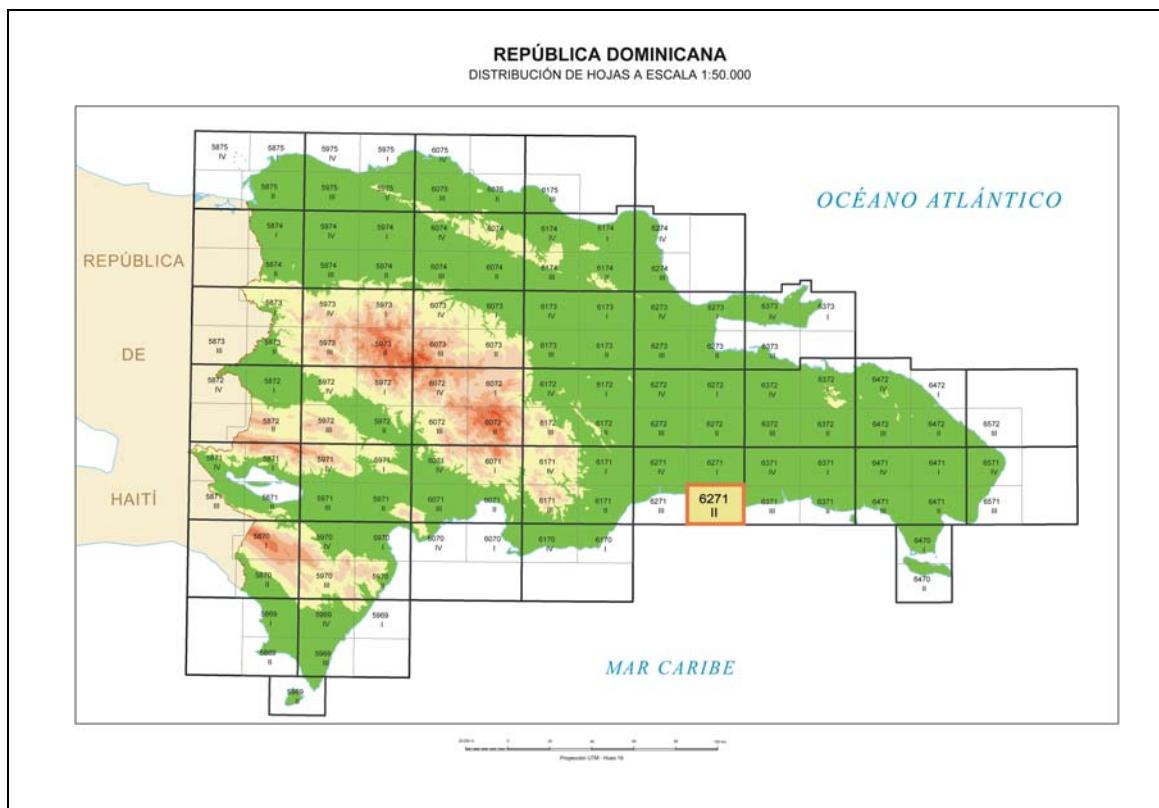


Fig. 1.1. Distribución de Hojas a escala 1:50.000 de la República Dominicana y situación de la Hoja de Boca Chica (6271-II)

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 Guayamate, 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 las que integran el cuadrante a escala 1:100.000 de Santo Domingo (6271).

Durante la realización de la Hoja a escala 1:50.000 de Boca Chica 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 (Santo Domingo, 6271).

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, 2^a serie (MAGNA).

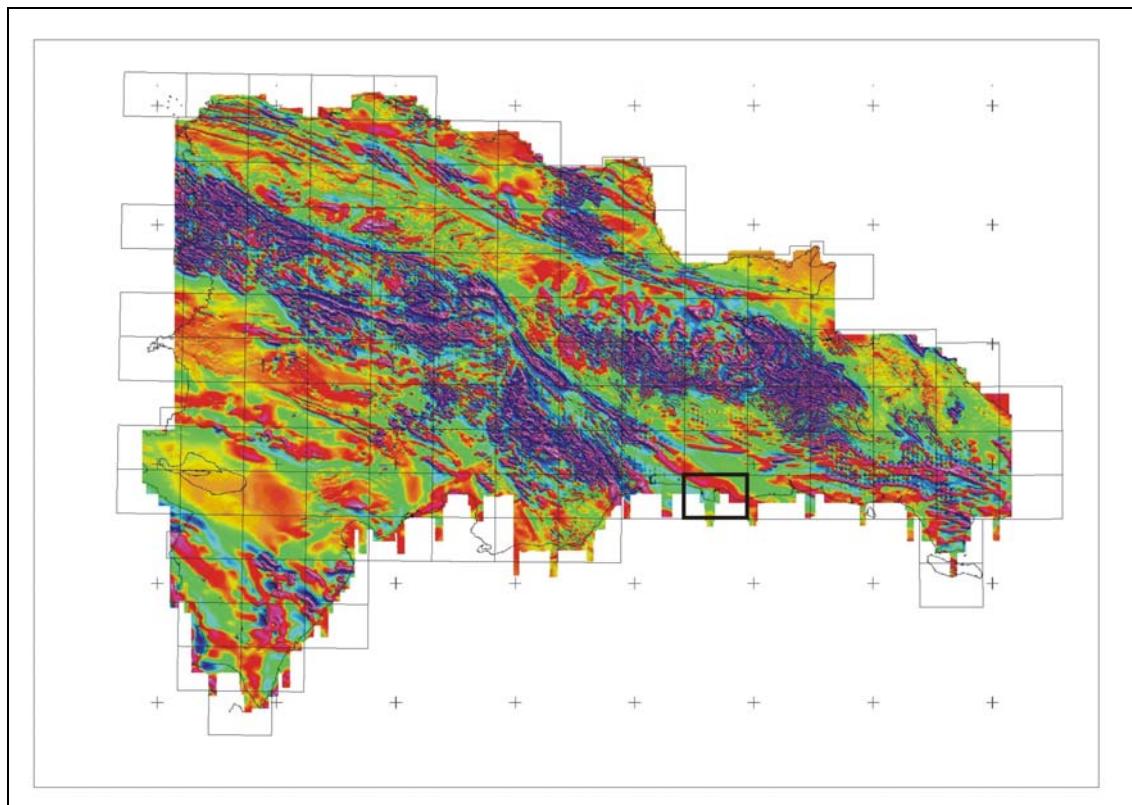


Fig. 1.2. Mapa de Gradiente vertical de la República Dominicana (Ayala *et al.*, *in press*)

1.2. Situación geográfica

La Hoja a escala 1:50.000 de Boca Chica (6271-II) se encuentra situada en el sector meridional de la República Dominicana, inmediatamente al este de la capital, Santo Domingo; la mayor parte de su cuadrícula está ocupada por el mar Caribe, de modo que el territorio emergido configura una franja de anchura variable, de la que sobresale de forma notoria Cabo Caucedo. La mayor parte de su territorio pertenece a la provincia de Santo Domingo, concretamente a los municipios de Boca Chica y Santo Domingo Este, excepción hecha del sector oriental, perteneciente a los municipios de San José de Los Llanos y Guayacanes, en la provincia de San Pedro de Macorís.

Su fisiografía queda definida por la presencia de una serie de superficies escalonadas dispuestas en paralelo a la línea de costa, pertenecientes a uno de los principales

dominios fisiográficos de la República Dominicana: la Llanura Costera del Caribe (Fig. 1.3).

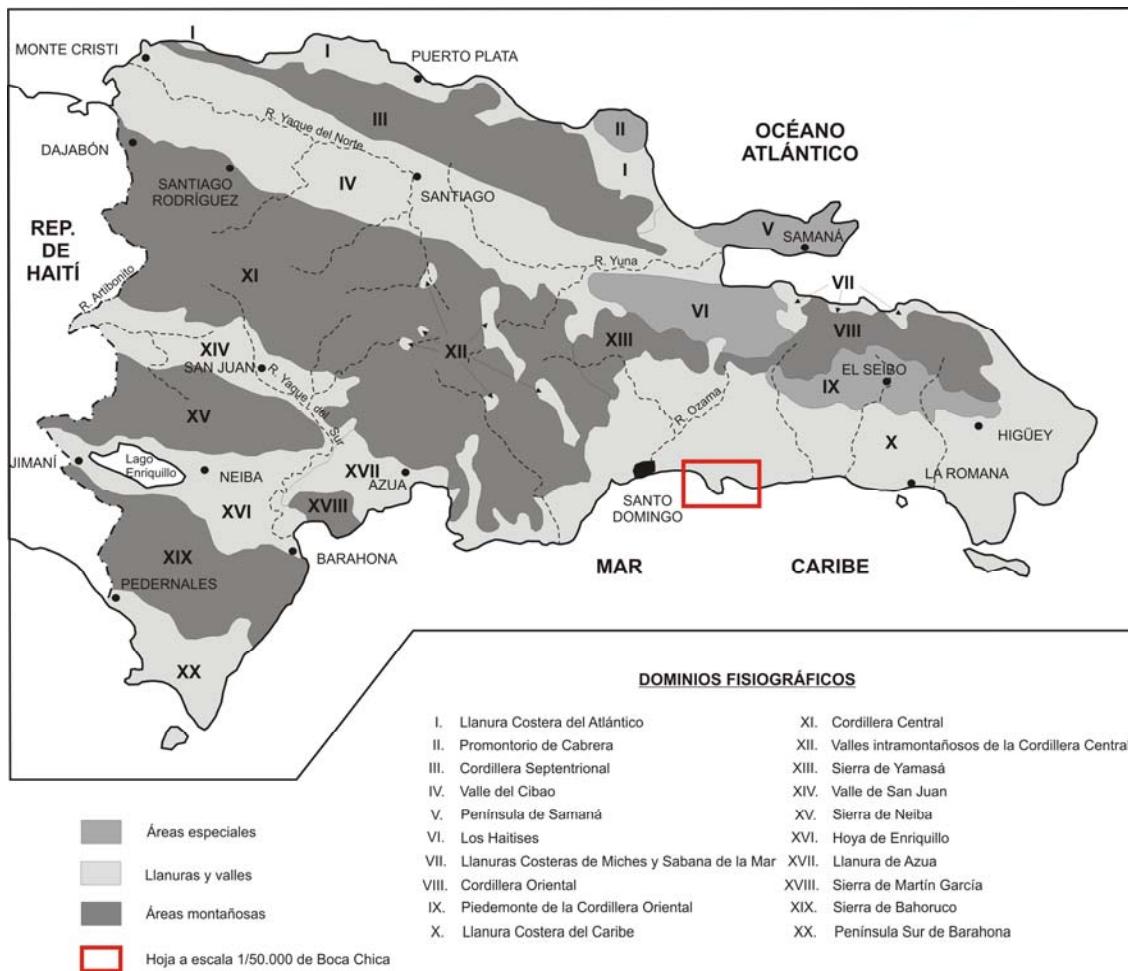


Fig. 1.3. Esquema de situación de la Hoja de Boca Chica en relación con los principales dominios fisiográficos de la República Dominicana (De la Fuente, 1976, modificado)

La Llanura Costera del Caribe es la más destacada de las llanuras costeras de la República Dominicana, tanto por sus dimensiones (240 km de longitud y 10-40 km de anchura) como por albergar varios de sus principales núcleos de población, como Boca Chica, La Romana y San Pedro de Macorís, además de Santo Domingo. En un sentido estricto, se extiende al este del río Haina con una dirección E-O, situándose al sur y al este de la Cordillera Oriental (Fig. 1.4). Se configura como una monótona planicie que sólo ocasionalmente alcanza más de 100 m de altitud, atravesada en sentido N-S por esporádicos cursos fluviales, pero de notable envergadura: Ozama, Higuamo, Soco, Cumayasa, Chavón y Yuma, de oeste a este. Pese a la envergadura de éstos, en general se trata de una región con drenajes deficientes, especialmente en

su franja costera, cuya composición carbonatada hace que predominen los procesos de karstificación, con las consiguientes pérdidas de drenaje superficial. Su litoral se configura principalmente como una costa baja, pero acantilada, en la que se intercalan diversas playas, más frecuentes en el sector oriental.

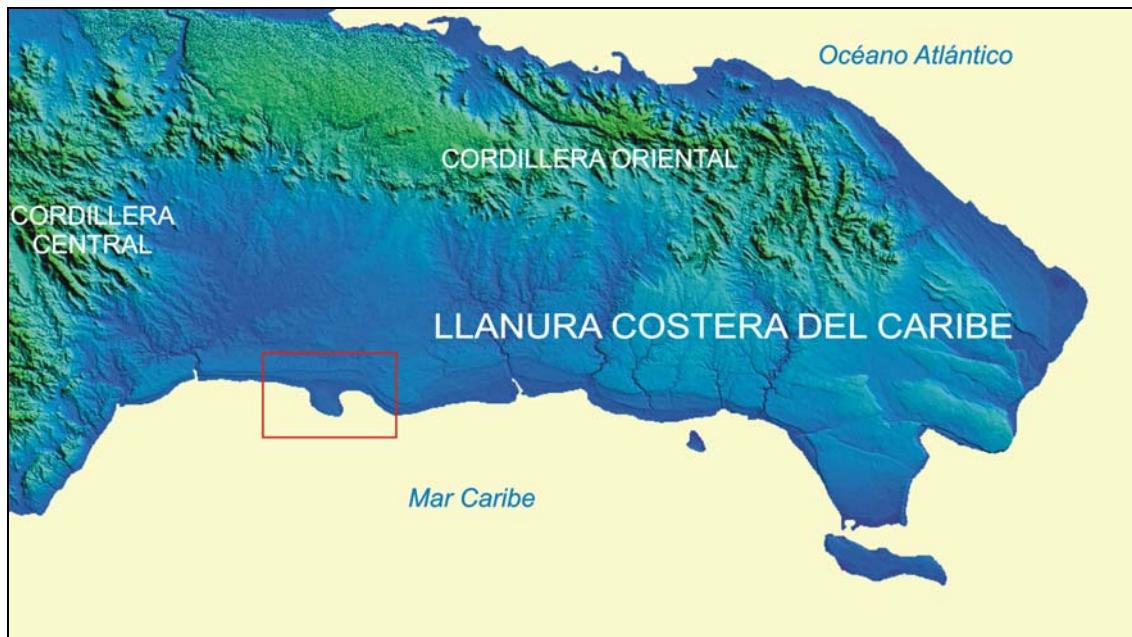


Fig. 1.4. Modelo digital del terreno de la Llanura Costera del Caribe

En el ámbito de la Hoja, la fisonomía de la Llanura Costera del Caribe se basa en la existencia de tres superficies principales escalonadas de sur a norte, que alcanzan una altitud máxima de 60 m en La Borda; en ellas, se ponen de manifiesto las deficiencias del drenaje superficial, al constatarse la total ausencia de cursos fluviales. En el sector nororiental, la altitud decrece al ligeramente al norte de la superficie superior.

La región posee un típico clima tropical (De la Fuente, 1976), suavizado por su carácter insular, con temperaturas medias de 25-26° C y precipitaciones que aumentan de este a oeste desde 1.000 hasta 1.500 mm/año; es frecuente la llegada de tormentas tropicales y huracanes, especialmente concentrados en septiembre y octubre, observándose variaciones estacionales ligeras, siendo algo más acusadas las diarias. La época lluviosa se extiende de marzo a diciembre y la seca, de diciembre a marzo.

La vegetación autóctona corresponde a un tipo húmedo subtropical.

La población se encuentra muy desigualmente repartida, concentrándose en el entorno de la autopista del Este hasta Boca Chica, principal núcleo urbano, en contraste con los sectores septentrional y oriental, en los que tan sólo se observan pequeños asentamientos junto a la autopista y la carretera Mella. El sector occidental se encuentra bajo la influencia de Santo Domingo, por lo que existe una notable actividad industrial, especialmente en Cabo Caucedo, y de servicios, destacando Boca Chica como principal centro turístico de la región. En las áreas más despobladas, la actividad humana se centra en las labores agrícolas y ganaderas, además de la relacionada con las canteras.

La red de comunicaciones es buena, incluyendo el comienzo de dos de las autopistas del país: del Nordeste (Juan Pablo II) y del Este. Además, cabe destacar la presencia del importante puerto industrial de Cabo Caucedo y la del Aeropuerto Internacional de Las Américas, el más importante del país.

1.3. Marco geológico

La Hoja de Boca Chica refleja fielmente las características geológicas del dominio en el que se incluye, la Llanura Costera del Caribe. La estructura geológica de ésta se basa en la presencia de una plataforma marina pliocena de tipo construcción arrecifal-lagoon (Fms. Los Haitises-Yanigua), elevada a comienzos del Cuaternario. La emersión y consiguiente retirada de la línea de costa hacia el sur, dio lugar a la migración de las construcciones arrecifales cuaternarias (Fm La Isabela), con elaboración de superficies de aterrazamiento asociadas.

Dentro de este contexto general, la Hoja posee una magnífica representación de las Fms. La Isabela y Los Haitises, si bien la Fm Yanigua aflora exigua y deficientemente, en el sector nororiental (Fig. 1.5). Entre los sedimentos cuaternarios, cabe destacar los de origen kárstico, desarrollados a expensas de los materiales calcáreos de las formaciones citadas.

Aunque el ascenso de la plataforma y la consiguiente retirada del mar son interpretados en el contexto de una elevación de la región relacionada con fenómenos de envergadura geodinámica, son inexistentes las estructuras superficiales que respondan a deformaciones tectónicas, si bien diversos métodos geofísicos han

señalado la presencia en profundidad de la Zona de Falla de La Española, siguiendo un trazado de noroeste a este (Fig. 1.2).

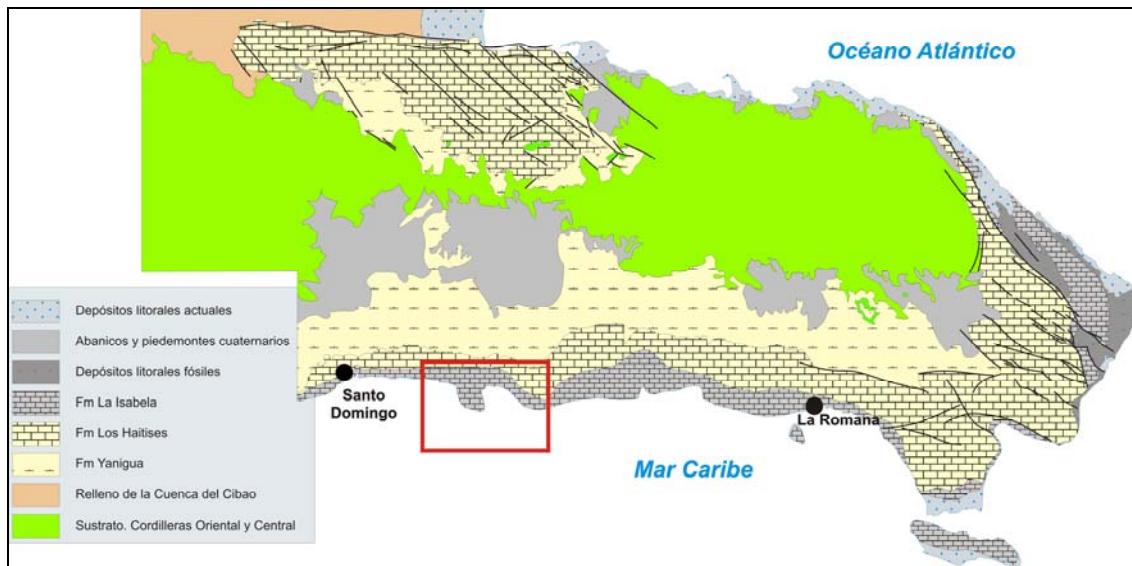


Fig. 1.5. Esquema geológico de las plataformas plio-cuaternarias del sector oriental de la República Dominicana y situación de la Hoja de Boca Chica

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), que desarrolla un ambicioso estudio estratigráfico y estructural de la isla a fin de establecer su interpretación geodinámica; De Zoeten (1988), que trata sobre 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.

Es imprescindible destacar la auténtica puesta al día de los conocimientos geológicos acerca de La Española que supuso la interesante monografía de Mann *et al.* (1991)

para la Sociedad Geológica de América, documento básico para trabajos posteriores. No obstante, en ella se echa de menos algún trabajo relativo a un dominio de la extensión de la Llanura Costera del Caribe.

El volumen anterior va acompañado de cartografías de síntesis a escala 1:150.000 de diversos dominios, observándose también una importante escasez de datos en relación con la Llanura Costera del Caribe. Además de estas cartografías de síntesis, es preciso destacar la efectuada a escala 1:250.000 por la Dirección General de Minería y el Instituto Cartográfico Universitario en colaboración con la Misión Alemana (1991).

Entre los trabajos más recientes es preciso señalar por la ingente cantidad de información geológica aportada, el Proyecto L del Programa SYSMIN (IGME-BRGM-INYPSA, 2002-2004), desarrollado en el sector oriental de La Española, tanto en la Cordillera Oriental, como en la Llanura Costera del Caribe y la región de Los Haitises. Aunque destacan especialmente los aspectos relacionados con la cartografía geológica (escala 1/50.000) y geomorfológica y de procesos activos (escala 1/100.000), no deben olvidarse las memorias que acompañan a cada una de las Hojas elaboradas, ni los diversos informes complementarios, de carácter petrológico, sedimentológico y paleontológico.

La información acumulada, tanto el proyecto anterior como en los restantes relacionados con la cartografía geotemática del Programa SYSMIN, dieron pie a sendas monografías: 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.

En relación con el territorio ocupado por la Hoja, los complejos arrecifales del sector suroriental de La Española han sido mencionados desde épocas remotas (Gabb, 1873; Cook, en Vaughan *et al.*, 1921). No obstante, la primera descripción detallada de estas terrazas es debida a Barrett (1962), que señala la existencia de ocho niveles principales. Posteriormente, Schubert y Cowart (1982) proponen una cronología preliminar para estos niveles y Geister (1982) se centra en aspectos paleoambientales y paleogeográficos del sector Santo Domingo-Boca Chica.

En cualquier caso, el trabajo de mayor interés para la realización de la presente Hoja ha sido el Informe elaborado por Braga (2010) dentro del presente proyecto, en el que además de tener en cuenta los datos aportados por los trabajos previos, aborda la estratigrafía, sedimentología y paleogeografía de las formaciones arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana, incluyendo referencias concretas a la Hoja de Boca Chica.

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 con el ámbito dominicano, es preciso señalar los trabajos relativos a geofísica aeroportada (CGG, 1997) y a aspectos sísmicos (Pointec, 1999) e hidrogeológicos (Acuater, 2000; Eptisa, 2004).

2. ESTRATIGRAFÍA

En la Hoja a escala 1:50.000 de Boca Chica afloran exclusivamente materiales cenozoicos, en concreto pliocenos y cuaternarios, que constituyen dos conjuntos netamente diferenciados:

- Materiales pliocenos y pleistocenos, que configuran la morfoestructura de la zona. Se trata de rocas sedimentarias de origen marino cuya disposición es el resultado de la acción combinada de la tendencia ascendente de la región y de las pulsaciones eustáticas.
- Materiales cuaternarios, holocenos predominantemente, que se disponen discontinuamente sobre los anteriores. Responden a un espectro genético variado que incluye depósitos de origen kárstico, litoral, lacustre y antrópico.

2.1. Cenozoico

2.1.1. Plioceno-Pleistoceno

Los sedimentos pliocenos y pleistocenos son el constituyente fundamental de la Llanura Costera del Caribe. Aunque su sustrato no es visible aquí, los afloramientos cercanos a los bordes de la llanura evidencian que consiste en un paleorrelieve modelado sobre rocas sedimentarias paleógenas y, especialmente, sobre rocas ígneos-metamórficas integrantes del sustrato de las cordilleras Oriental y Central, intensamente deformadas.

Este conjunto plio-pleistoceno presenta una disposición horizontal y su espesor en la Hoja no se puede precisar al no aflorar su base, aunque probablemente esté comprendido entre 100 y 200 m. Incluye tres conjuntos:

- Fm Yanigua. Aunque escasa y deficientemente representada en la Hoja, se trata de una monótona sucesión de margas depositadas en un *lagoon*, extendida ampliamente por el sector septentrional de la Llanura Costera del Caribe y atribuida al Plioceno-Pleistoceno Inferior. Hacia los relieves circundantes intercala

niveles detríticos, en tanto que hacia el sur incrementa progresivamente las intercalaciones calcáreas, pasando finalmente a las calizas arrecifales de la Fm Los Haitises.

- Fm Los Haitises. Constituye una franja de 3 a 6 km de anchura, dispuesta al sur de la unidad anterior, atribuyéndose igualmente al Plioceno-Pleistoceno Inferior. Se trata de un peculiar conjunto calcáreo de origen arrecifal, que posee una fisonomía muy característica debido a la evolución eustática y al intenso desarrollo de la meteorización química en la región.
- Fm La Isabela. Se dispone con morfología escalonada entre la unidad anterior y el mar Caribe, enmarcándose en el Pleistoceno. Está integrada mayoritariamente por calizas arrecifales depositadas con motivo de la migración de la línea de costa hacia el sur.

2.1.1.1 Fm Yanigua (1) Margas amarillentas y calizas. Plioceno-Pleistoceno Inferior N₂-Q₁

Constituyen una de las unidades características del sector centro-occidental de la Llanura Costera del Caribe, si bien hasta la fecha son prácticamente inexistentes los estudios relativos a ellas. Se disponen al sur de las cordilleras Oriental y Central, ocultas en buena parte por abanicos y piedemontes cuaternarios. Pese a la deficiencia de sus afloramientos y la precariedad de sus dataciones, se han correlacionado con los materiales que en la región de Los Haitises fueron descritos por Brower y Brower (1982) como Fm Yanigua y posteriormente precisados por Iturralde (2001), Díaz de Neira y Hernaiz (2004), García-Senz (2004), Hernaiz (2004), Monthel (2004), Monthel y Capdeville (2004) y Monthel *et al.* (2004).

Sus afloramientos se restringen al sector nororiental, mostrando una notable deficiencia debido a su fácil alterabilidad. Pese a su mala calida de exposición general, sus características generales pueden establecerse a través de diversos afloramientos de las Hojas vecinas de Guerra (6271-I) y Villa Mella (6271-IV), donde se observa una monótona sucesión de margas de tonos marrones, que intercalan niveles de calizas y calcarenitas, más frecuentes y potentes hacia el sur. Por alteración confieren al terreno típicas coloraciones amarillentas y ocres.

No aflora su base, de carácter discordante en otros puntos de la región, en tanto que su techo ha sido erosionado, deduciéndose en la zona un espesor mínimo de 30 m. Siendo las margas su constituyente principal, incluyen niveles de orden decimétrico de calizas margosas y acumulaciones bioclásticas y de corales.

Su paso hacia el sur a la Fm Los Haitises se produce mediante un enriquecimiento calcáreo, hasta la total desaparición del contenido margoso. Se trata de un paso gradual, por lo que el límite entre ambas unidades ofrece varias posibilidades, entre ellas, la delimitación de una nueva unidad con un contenido equiparable de margas y calizas y que podría asimilarse a la Fm Cevicos (Vaughan *et al.*, 1921); no obstante, a fin de simplificar la cartografía de la zona y eliminar en la medida de lo posible la subjetividad en la delimitación de los contactos, se ha optado por considerar como Fm Los Haitises aquellos afloramientos con un contenido calcáreo exclusivo y como Fm Yanigua a partir de la aparición de contenido margoso en la serie, criterio que además coincide con la existencia de escorrentía superficial.

Petrográficamente, los niveles calizos aparecen como *wackestones*-*packstones* bioclásticos, con una proporción muy variable tanto de aloquímicos (30-70%) como de matriz (15-60%) y cemento (0-45%), incluyendo ocasionalmente cuarzo (<7%), glauconita (<4%) y fragmentos de roca (<2%); entre los componentes texturales predominan con mucho los fósiles, en proporción superior al 95%, pudiendo clasificarse como biomicritas. Ocasionalmente, se reconocen *boundstones* integrados por corales.

El contenido faunístico de los niveles margosos es escaso, pese a lo cual se han hallado *Ammonia* sp., *A. (Rotalia) becarii* (Linneo), *Nonion* sp., *Bolivina* sp., *Elphidium* sp., *Cibicides* sp., *Cribroelphidium* sp., *Asterigerina* sp., *Cancris* sp., *Globigerina* sp. y *Rotalia* sp., además de Ostrácodos, radiolas de Equinídos y fragmentos de Lamelibranquios, que sugieren una edad pliocena, acorde con la edad Plioceno-Pleistoceno Inferior propuesta para la Fm Los Haitises y asignada por ello a la presente unidad. En los niveles calcáreos se han encontrado Corales, Algas rojas, Miliólidos, Nummulítidos, Bivalvos, Gasterópodos, Briozoos, Braquiópodos y placas de Equinodermos, carentes de valor determinativo.

El depósito de la Fm Yanigua se interpreta en un contexto de plataforma interna protegida por la barrera arrecifal constituida por la Fm Los Haitises (Fig. 2.1). La

barrera protegía, probablemente, áreas con desarrollo de praderas de corales ramosos que crecían sobre y entre acumulaciones de calcarenitas bioclásticas. Hacia tierra, estos depósitos darían paso a barros calcáreos con proporciones variables de bioclastos, pequeños cuerpos calcareníticos (en los que proliferaron distintos tipos de moluscos y foraminíferos) y crecimientos parcheados de coral. Donde la influencia de sedimento arcilloso en suspensión fue mayor, los barros calcáreos dejaron paso a margas que albergaron comunidades similares de organismos. A los sectores más internos de la plataforma, situados fuera de la Hoja, llegarían avalanchas de terrígenos.

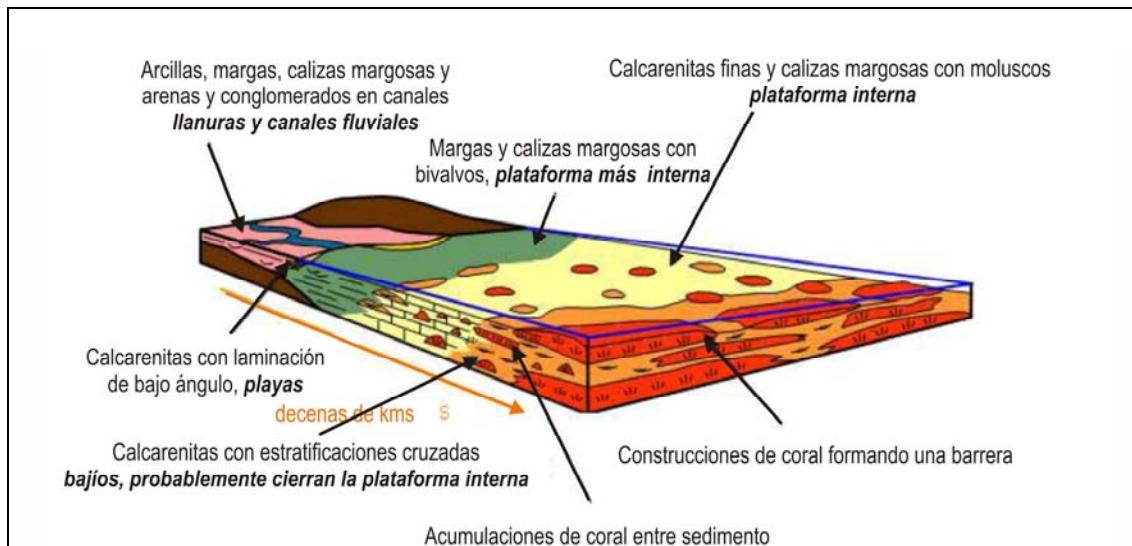


Fig. 2.1. Esquema paleogeográfico del Plioceno-Pleistoceno Inferior (Fms. Yanigu-Los Haitises) (Braga, 2010)

2.1.1.2 Fm Los Haitises (2). Calizas arrecifales y calizas. Plioceno-Pleistoceno Inferior N₂-Q₁

Se trata del conjunto calcáreo que constituye las zonas más elevadas de la Hoja (sureste de la Base de San Isidro, carretera Mella...), disponiéndose a modo de umbral que separa las zonas deprimidas topográficamente situadas al norte (cruce de Guerra, valle del río Brujuelas, batey La Mula...), de la vertiente caribeña. Las diversas canteras existentes y los taludes de la autovía de Samaná permiten la observación de las principales características de la unidad.

Por su semejanza litológica y edad equiparable, la unidad se ha correlacionado con los materiales calcáreos que en la región de Los Haitises fueron descritos por Brower y Brower (1982) como Fms. Cevicos y Los Haitises y agrupados por Iturrealde (2001) como Fm Los Haitises, criterio seguido y precisado por Díaz de Neira y Hernaiz (2004) y García-Senz (2004). Las evidentes diferencias morfológicas que muestra el presente conjunto en la Llanura Costera del Caribe con respecto a la región de Los Haitises derivan de su distinta evolución estructural y del diferente grado de meteorización sufrido.

La Fm Los Haitises está constituida por un monótono conjunto de calizas grises a blanquecinas, en las que el elevado contenido fosilífero es 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 y uniforme, incrementados por la notable karstificación que afecta a la unidad a diversas escalas. Su muro no es visible, en tanto que su techo original debió aproximarse a su actual superficie topográfica, de lo que se deducen espesores mínimos de 45 m.

Hacia el norte pasa a la Fm Yanigua mediante cambio lateral, habiéndose establecido el contacto a partir de las primeras apariciones de margas, criterio que además coincide con el desarrollo de drenaje superficial, ausente en la presente unidad debido a la eficacia de los procesos kársticos.

Petrográficamente, aparecen como calizas fosilíferas (biomicritas) con grado de recristalización variable y porosidad tanto primaria como secundaria. Predominan los *boundstones* de corales, reconociéndose además *packstones* y *wackestones* bioclásticos, con proporciones variables de aloquímicos (20-50%), matriz (15-70%) y 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%), superior a la de cemento (<40%).

Las facies más frecuentes corresponden a construcciones de corales (Fig. 2.1), especialmente ramosos, que pueden aparecer fragmentadas o dispersas en un sedimento bioclástico con matriz micrítica, o bien como colonias masivas. Al sur de la Base de San Isidro (Hoja a escala 1:50.000 de Santo Domingo, 6271-III) se observa un armazón formado por acumulaciones gruesas de *Acropora palmata*, ramas de *A.*

cervicornis y cabezos masivos de *Montastrea*, con un sedimento interno bioclástico y abundantes huecos de disolución. Este afloramiento configura una pequeña cresta paralela al límite de la unidad y que continúa hasta la autopista del Nordeste, ya dentro de los límites de la Hoja; aunque no puede asegurarse que se trate de una morfología original, parece ser la expresión de una construcción de corales (biohermo) alargada según el borde de la plataforma carbonatada coetánea.

Además de los Corales, que constituyen el integrante principal, la unidad alberga un abundante, aunque poco determinativo, contenido fosilífero que incluye Algas rojas, Miliólidos, Nummulítidos, Bivalvos, Gasterópodos, Brizozoos, Ostrácodos y espículas de Equinodermos. En cualquier caso, la presencia de *Acropora cervicornis*, *A. palmata* y *Stylophora* en diversos puntos de la presente unidad a lo largo de la Llanura Costera del Caribe, acota la edad de la unidad al Plioceno-Pleistoceno Inferior, sin que deba descartarse que su base se sitúe en el Mioceno Superior (Braga, 2010).

2.1.1.3 Fm La Isabela. Plataforma Superior (3) Calizas arrecifales. (4) Calizas bioclásticas y arrecifales. Plataforma Inferior (6) Calizas arrecifales. (7) Calizas bioclásticas y arrecifales. Pleistoceno Medio-Superior Q₂₋₃

Las presentes unidades litológicas configuran las plataformas o escalonamientos dispuestos entre el umbral constituido por la Fm Los Haitises y la línea de costa. Se reconocen dos plataformas principales de gran continuidad, que constituyen espectaculares planicies; la inferior (unidad 6) se desdobra localmente en escalonamientos de entidad menor, en tanto que la superior (unidad 3) aparece en la zona como un solo nivel. Están constituidas fundamentalmente por calizas arrecifales correlacionables con los materiales similares que Marcano y Tavares (1982) definieron como Fm La Isabela en las proximidades de esta localidad.

La diferencia básica entre ambos niveles estriba en su disposición morfológica. El nivel más antiguo (unidad 3) presenta un mayor grado de karstificación y se dispone a cotas de +30 m en el sector occidental, decreciendo ligeramente hacia el este hasta situarse a +20 m en el oriental; su borde meridional está marcado por un escarpe correspondiente a un paleoacantilado, que puede alcanzar 10 m de desnivel. Por su parte, el nivel inferior (unidad 6) tan sólo sobrepasa +20 m en el extremo occidental, estando limitado al sur por el acantilado actual, de 5-6 m de desnivel máximo.

Pese al elevado grado de antropización de buena parte de la zona, son numerosos los puntos que permiten efectuar observaciones detalladas de las características del presente conjunto. Entre ellos cabe señalar el acantilado situado junto al Aeropuerto de Las Américas, los acantilados contiguos a la autopista del Este y diversas canteras del entorno de La Malena, en el caso del nivel inferior, y las canteras del sector de La Bocaina, en el caso del superior.

En general, están constituidas por la superposición y acumulación de esqueletos de colonias de coral, en posición de vida o más o menos volcadas y con distintos grados de fragmentación, que presentan en muchos casos costras de diverso grosor de algas rojas coralinales. Entre las colonias se observa un sedimento interno de calcirrudita-calcarenita bioclástica, compuesta por fragmentos de coral, algas, moluscos, equinodermos y briozoos en una matriz micrítica. El sedimento interno no siempre rellena completamente los espacios entre los corales, lo que unido a los huecos producidos por la disolución de los esqueletos de coral, le confiere una elevada macroporosidad. Por su extraordinaria calidad, es preciso señalar el afloramiento ofrecido por una pequeña cantera localizada al este de La Malena, donde se observa un armazón de *Acropora palmata* de unos 2,5 m de altura, sobre el que se dispone un nivel métrico correspondiente a una acumulación bioclástica, reflejando la tendencia regresiva causante de la migración de los arrecifes hacia su posición actual. No se ha observado la base de estas unidades en punto alguno, deduciéndose espesores superiores a 10 m.

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

Petrográficamente, las masas no coralinas aparecen como calizas fosilíferas (biomicritas y bioesparitas) con grado de recristalización variable y porosidad tanto primaria como secundaria. Presentan diversas texturas, pero siempre con carácter bioclástico, mostrando proporciones variables de aloquímicos (10-60%), matriz (10-80%), y cemento (5-60%), correspondiendo los componentes aloquímicos en su totalidad a fósiles.

Estas facies representan los restos conservados *in situ* de arrecifes de coral (Braga, 2010), muy semejantes, tanto en componentes como en la zonación de la composición, a los arrecifes actuales del Caribe (Fig. 2.2).

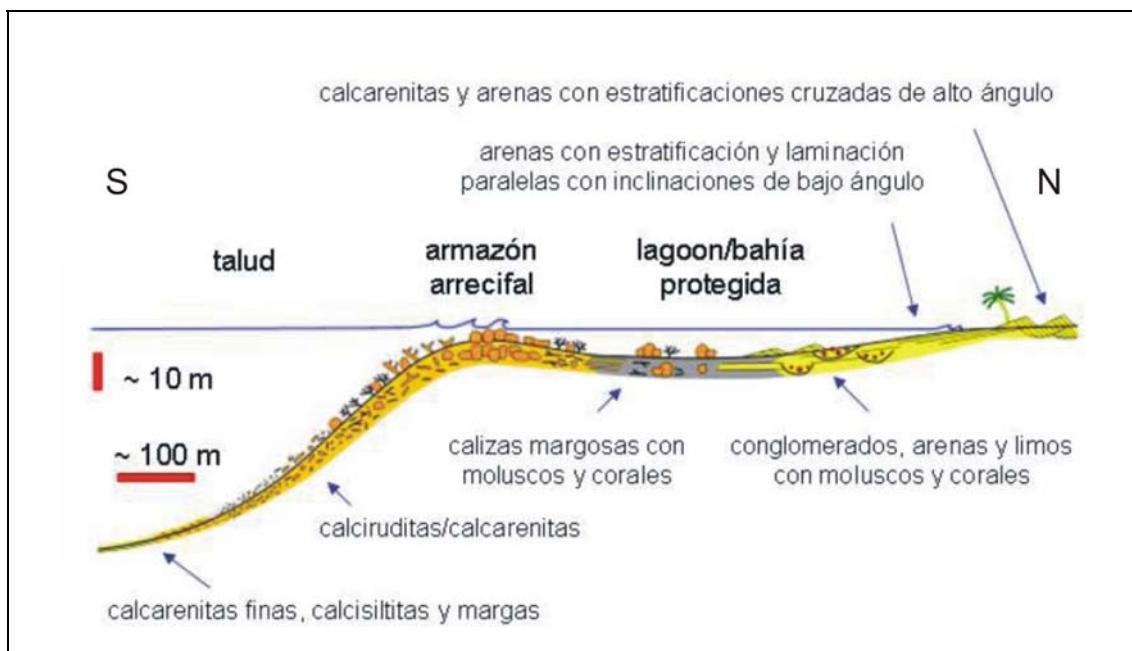


Fig. 2.2. Modelo sedimentario de la Fm La Isabela (Braga, 2010)

En el extremo oriental se han diferenciado en ambas plataformas sendos conjuntos que incluyen acumulaciones bioclásticas con frecuentes concentraciones de conchas de moluscos (unidad 4 en la plataforma superior; unidad 7 en la plataforma inferior), deficiente y exiguamente representados. No obstante, en la vecina Hoja de San Pedro de Macorís (6371-III) poseen una representación muy superior, interpretándose como facies de *lagoon*/plataforma interna protegida por las construcciones arrecifales de las unidades anteriores.

Pese al abundante contenido faunístico que incluyen, su edad se basa exclusivamente en las dataciones efectuadas por Schubert y Cowart (1982) entre Punta Caucedo y San Pedro de Macorís sobre varias muestras tomadas a + 6-7 m de altura (unidades 6-7), de las que se deduce una edad de 121 ± 9 ka, lo que sitúa su depósito en el Estadio Isotópico Marino 5e (MIS 5e), que corresponde a un intervalo de edad de 117-128 ka (Lea *et al.*, 2002). Extrapolando las tasas de levantamiento calculadas (Fig. 2.3) a la plataforma consecutivamente más alta (unidades 3-4), cuyo techo está a +30 m, tendría una edad cercana a 400 ka, sugiriendo que la terraza se generó en el MIS 11 (Braga, 2010). De acuerdo con las edades señaladas, el depósito de la Fm La Isabela en esta zona de la Llanura Costera del Caribe se habría producido durante el Pleistoceno Medio-Superior.

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

| FORMACIÓN | PLATAFORMA DE ABRASIÓN | UNIDAD CARTOGRÁFICA (TERRAZA MARINA) | SUPERFICIE DE LA LLANURA COSTERA DEL CARIBE EQUIVALENTE | COTA (m) | | DATACIÓN (ka) | TASA DE ELEVACIÓN (mm/año) | EDAD |
|--------------|------------------------|--------------------------------------|---|----------------------|---------------|---------------|----------------------------|----------------------|
| | | | | SAN PEDRO-BOCA CHICA | SANTO DOMINGO | | | |
| LA ISABELA | r1 | 6, | INFERIOR | 2 | | 4 | 0,25 | PLEISTOCENO SUPERIOR |
| | | | | 3 | | 7 | 0,29 | |
| | r2 | 6, 7 | INTERMEDIA | 10 | | 121±9 | 0,06 | 126 ka |
| | | | | | 20 | | 0,14 | |
| | r3 | 6 | | 12 | | 200 | 0,06 | |
| LOS HAITISES | r4 | 3, 4 | SUPERIOR | 30 | | 400 | 0,06 | PLEISTOCENO MEDIO |
| | r5 | - | | | 50 | | 0,08 | |
| LOS HAITISES | r6? | 2 | SUPERIOR | 55 | | 781 | 0,09 | PLEISTOCENO INFERIOR |
| | | | | 60 | 70 | 3500 | 0,02 | |
| | | | | | | | | PLIOCENO |
| | | | | | | | | 3500 ka |

121: datación absoluta (Schubert y Cowart, 1982)

0,06: tasa de elevación tomada como referencia en el sector de San Pedro Boca Chica

332: para la Fm La Isabela, edad estimada en base a la tasa de elevación y a la curva de Estadios

Isotópicos (MIS); para la Fm Los Haitises, edades extremas deducidas de su bioestratigrafía

Fig. 2.3. Tasa de elevación y edad de las unidades arrecifales de la Hoja de Boca Chica en el contexto de la Llanura Costera del Caribe occidental

2.1.2. Holoceno

Los depósitos cuaternarios posteriores a la Fm La Isabela son escasos, observándose en general un predominio de los de carácter kárstico, junto con otros de origen litoral, lacustre y antrópico, mínimamente representados.

2.1.2.1 Fondo de dolina o uvala (5). Arcillas de descalcificación. Pleistoceno-Holoceno Q₁₋₄

Aparecen relacionadas con las depresiones kársticas desarrolladas sobre los materiales calcáreos de las Fms. Los Haitises y La Isabela, pudiendo alcanzar 4 km de eje mayor. Configuran afloramientos de forma y dimensiones diversas, predominando las dolinas elípticas, aunque también se observan uvalas por unión de dos o más dolinas.

Se trata de arcillas rojas de aspecto masivo, generadas por la descalcificación de las litologías calcáreas debida a los procesos de karstificación. Su espesor varía según los casos, pudiendo superar 3 m. Su edad inferior está acotada por la de la Fm Los Haitises, por lo que se enmarcan en el Pleistoceno-Holoceno.

2.1.2.2 Playa (8). Arenas. Holoceno Q₄

Debido al carácter acantilado predominante en el litoral, son escasas sus manifestaciones, generalmente carentes de representación cartográfica. La más destacada es la de Boca Chica, de 1,5 km de longitud. Están constituidas por arenas blanquecinas de tamaño de grano medio a fino. Por su actividad actual se asignan al Holoceno.

2.1.2.3 Laguna (9). Lutitas. Holoceno Q₄

Tan sólo se ha reconocido un ejemplar, de algo más de 100 m de eje mayor, localizado junto a la desviación de la autopista del Este hacia el Aeropuerto de Las Américas, en el denominado parque de La Caleta. Se trata de lutitas oscuras cuyo espesor no ha sido determinado, aunque debe aproximarse a 1 m. Se asignan al Holoceno por su actividad actual

2.1.2.4 Depósitos antrópicos (10). Bloques. Holoceno Q₄

Aunque la actividad antrópica constituye una importante característica en buena parte de la zona, estando relacionada principalmente con modificaciones del paisaje debidas a construcción de redes de transporte y asentamientos urbanos o de tipo industrial, en

el presente apartado se consideran exclusivamente aquéllas que han supuesto una modificación sustancial de la topografía, específicamente una ganancia de terreno a expensas del mar.

Concretamente, la unidad representada corresponde a la isla La Piedra o de Los Pinos, islote artificial situado frente a Boca Chica creado en 1955 con los materiales del dragado efectuado para la ampliación y remodelación del muelle y el canal de entrada al Puerto de Andrés. Posee más de 700 m de eje mayor y 330 m de eje menor. Está constituido por bloques de corales pertenecientes a la Fm La Isabela, que muestran tonalidades gris oscuro por alteración. La acumulación sobrepasa los 10 m de espesor. Obviamente, se asigna al Holoceno

3. TECTÓNICA

3.1. Estructura

La Hoja de Boca Chica (6271-II) se localiza en el sector occidental de la Llanura Costera del Caribe, espectacular planicie bajo cuya cobertura sedimentaria plio-cuaternaria se ocultan las estructuras de dirección NO-SE de las cordilleras Central y Oriental. El espesor de esta cobertura sedimentaria es variable, pudiendo señalarse como cifra orientativa los más de 600 m atravesados por los sondeos efectuados en el ámbito de San Pedro de Macorís (Valladares *et al.*, 2006), que también han señalado una profundidad superior a 1.000 m para los materiales del sustrato mesozoico-paleógeno. Entre ambos conjuntos se constata la existencia de una serie sedimentaria de algo más de 300 m de potencia, atribuida con reservas al Mioceno.

El mapa de gradiente vertical de la región señala la prolongación en profundidad de las estructuras de dirección NO-SE de las cordilleras (Fig. 3.1), que en el sector oriental de la Llanura Costera se manifiesta a través de un sistema de fracturación que parece guardar relación, al menos parcialmente, con la deformación de la Cordillera Oriental. La morfología de la Llanura, con escalonamientos de gran continuidad paralelos al litoral, es el resultado de la relación eustatismo-sedimentación y del ascenso generalizado de La Española, durante el Plioceno-Cuaternario, provocando la consiguiente retirada marina. En cualquier caso, en la mayor parte de la llanura dicho ascenso se articula sin la actividad de falla alguna.

3.2. Estructura de la Hoja de Boca Chica

En el ámbito de la Hoja, el mapa de gradiente vertical refleja la estructuración del sustrato según una dirección preferente NO-SE (Fig. 3.1), identificándose la prolongación de la Zona de Falla de La Española, caracterizada en superficie por la extrusión de la Peridotita de Loma Caribe. Aunque aquí se desconoce su profundidad, pueden servir como referencia tanto su afloramiento en el sector noroccidental de la vecina Hoja de Villa Mella (6271-IV), como su presencia a más de 1.000 m de profundidad en el ámbito de San Pedro de Macorís (Valladares *et al.*, 2006).

Aunque no se han identificado estructuras superficiales de origen tectónico, es indudable la existencia de una tectónica activa durante el Cuaternario. El ascenso de la plataforma carbonatada pliocena no es justificable únicamente por variaciones del nivel del mar, sino que debe enmarcarse en un proceso de envergadura geodinámica que se refleja en el ascenso de La Española y el consiguiente incremento de su superficie.

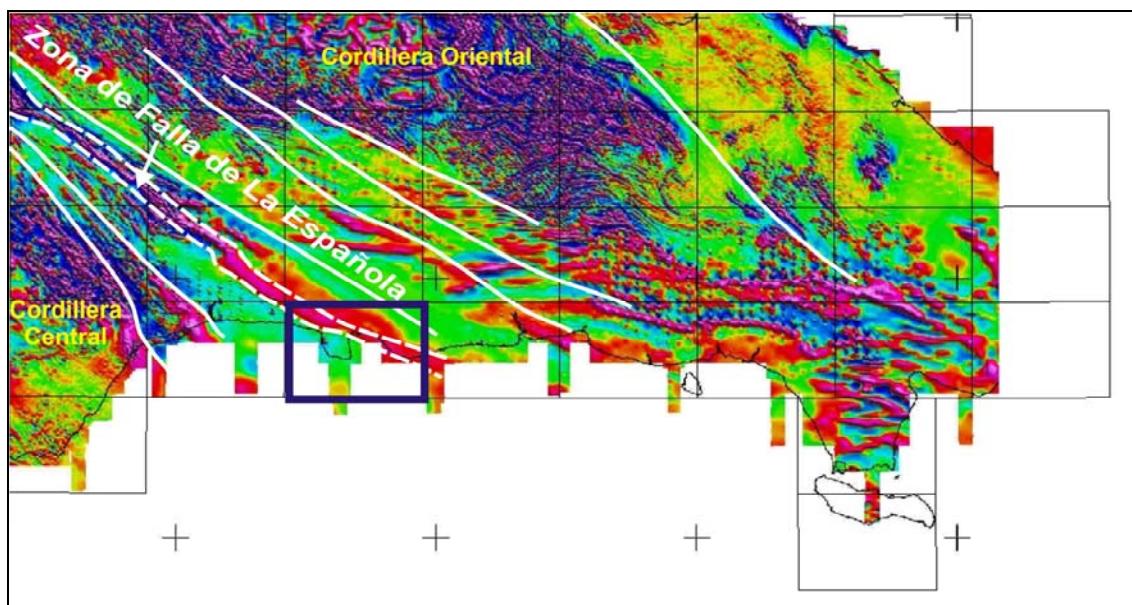


Fig. 3.1. Principales estructuras del substituto de la Llanura Costera del Caribe deducidas del mapa de gradiente vertical (Ayala *et al.*, *in press*)

Este ascenso se ha producido con tasas de elevación diferentes en los distintos dominios de la isla. En este sentido, pese a la escasez de dataciones existentes en materiales cuaternarios, los datos aportados por los aterrazamientos marinos asociados a las Fms. La Isabela y Los Haitises, permiten establecer al menos pautas generales y tasas de elevación orientativas (Fig. 2.3).

Así, en el sector occidental de la Llanura Costera del Caribe, la terraza datada como MIS 5e (121 ± 9 ka) por Schubert y Cowart (1982) entre Punta Caucedo y San Pedro de Macorís y que constituye la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe, alcanza 10 m de altitud máxima en dicha zona. Esto implica un levantamiento de 0,06 mm/año (Fig. 2.3) (Braga, 2010). Esta misma terraza alcanza 20 m de altitud al pie del paleoacantilado que limita meridionalmente el Parque Mirador Sur (Santo Domingo), lo que implica una tasa de levantamiento de 0,14 mm/año). Por tanto, desde el MIS 5e (117-128 ka) la zona occidental de la Llanura Costera del Caribe ha estado

elevándose con una velocidad media bastante moderada de entre 0,06 y 0,14 mm/año, tasa extrapolable hasta el MIS 11.

En cualquier caso, el levantamiento se mantiene desde el cese del depósito de la Fm Los Haitises, es decir, al menos desde el Pleistoceno Inferior, pero la imprecisión sobre la edad de los carbonatos más recientes dentro de esta formación deja muy abiertas las estimaciones sobre tasas de levantamiento, si bien la altitud actual de sus calizas someras puede dar una idea de dichas tasas.

En concreto, en el ámbito de Santo Domingo presentan su altitud máxima en el sector occidental de la Llanura, con una cota próxima a +70 m. Considerando que el depósito de las calizas concluyó en el Pleistoceno Inferior (781 ka), la tasa de levantamiento sería de 0,090 mm/año y, si por el contrario, se asume que las calizas dejaron de acumularse y empezaron a emerger al final del Plioceno Inferior (hace 3,5 millones de años, lo que sería el otro extremo del impreciso intervalo de edad en que podemos acotar la formación), la tasa sería de 0,02 mm/año. En el sector de Boca Chica, donde la cota máxima es de +60 m, la tasa de elevación se reduce a 0,0-0,08 mm/año. En cualquier caso, esta tasa de elevación de 0,02-0,09 mm/años resulta sensiblemente inferior a la experimentada por la Fm Los Haitises en otros lugares de la isla, como las cordilleras Oriental y Septentrional.

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 el apartado correspondiente del capítulo de estratigrafía (2.1).

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 está condicionado en gran medida por la naturaleza y la disposición de los materiales que la conforman. El condicionante fundamental de la morfoestructura observable deriva principalmente de la fisonomía de la plataforma arrecifal establecida en la Llanura Costera del Caribe durante el Plioceno (Figs. 4.1 y 4.2), de forma que el antiguo *lagoon* (Fm Yanigua) pasaría a ser una depresión endorreica separada del mar Caribe por el umbral constituido por la antigua barrera arrecifal (Fm Los Haitises).

Es sobre este dispositivo general sobre el que han actuado con mayor o menor eficacia los distintos procesos externos, destacando los marino-litorales en el frente del umbral, configurando las superficies escalonadas que lo caracterizan y, posteriormente, los de naturaleza kárstica favorecidos por la abundancia de afloramientos calcáreos.

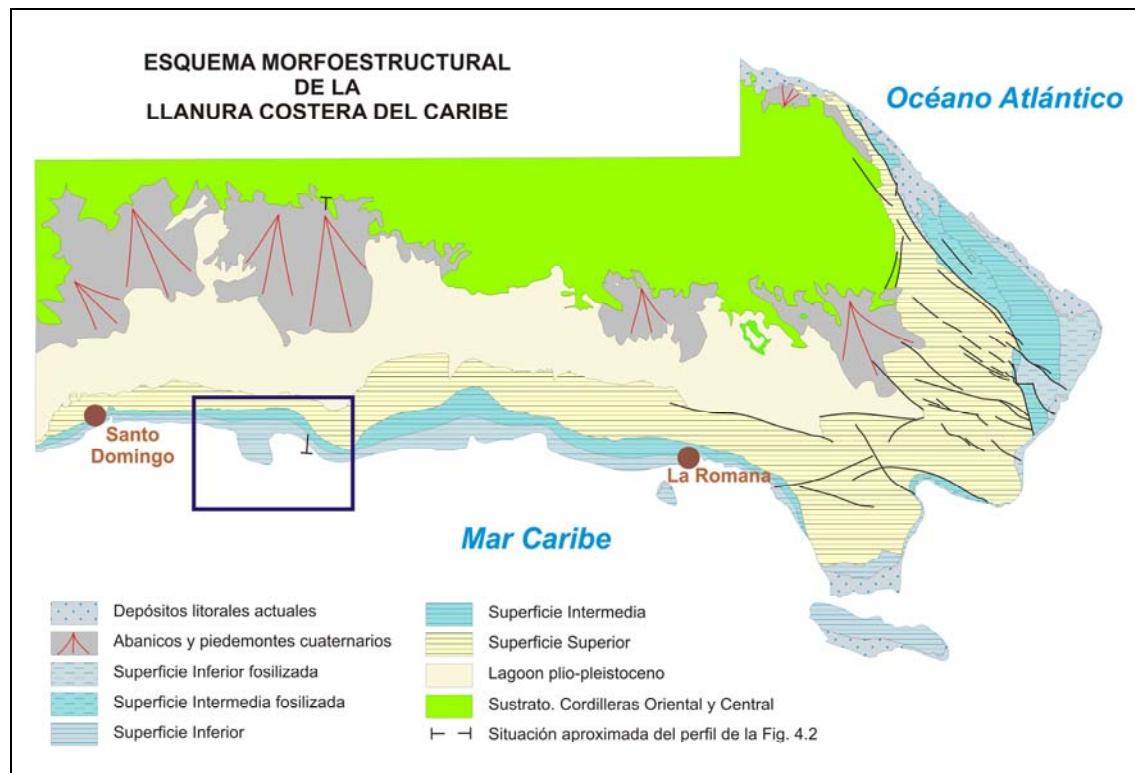


Fig. 4.1. Situación de la Hoja de Boca Chica en el contexto morfoestructural de la Llanura Costera del Caribe

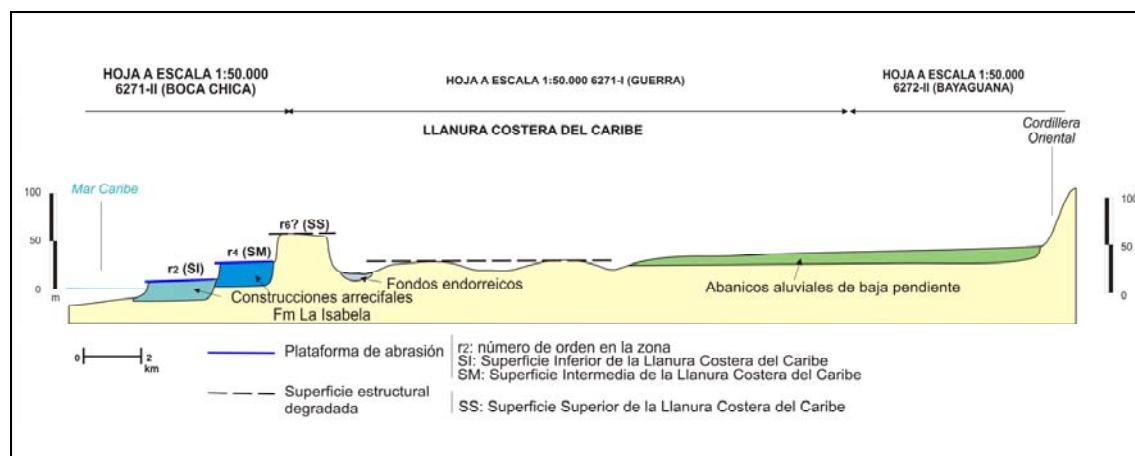


Fig. 4.2. Perfil morfoestructural esquemático del sector occidental de la Llanura Costera del Caribe

4.1.1.1 Formas estructurales

Están representadas exclusivamente por la extensa *superficie estructural degradada* generada a techo de la Fm Los Haitises, que constituye la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe y alberga las cotas más elevadas de la Llanura en la zona, alcanzando +60 m en el sector oriental. Aunque parece evidente el carácter estructural de esta superficie, es probable que también haya sufrido la acción de la morfogénesis marino-litoral durante su formación.

4.1.2. Estudio del modelado

Los procesos marino-litorales son los condicionantes fundamentales de la morfoestructura básica de la Llanura Costera del Caribe, si bien sobre ésta han actuado con mayor o menor efectividad en la zona los de origen kárstico. Además de los anteriores, también han participado en mayor o menor medida los procesos lacustres y antrópicos.

4.1.2.1 Formas lacustres y endorreicas

Están representadas exclusivamente por una laguna de algo más de 100 m de eje mayor, localizada junto al cruce de la autopista del Este y el acceso al Aeropuerto de Las Américas, en el parque de La Caleta. Por su situación, parece indudable la influencia del mar en su génesis.

4.1.2.2 Formas marinas-litorales

Determinan la fisonomía de la franja litoral hasta la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe. Sus elementos más destacados son las construcciones biogénicas pertenecientes a la Fm La Isabela, sobre las que se han desarrollado *plataformas de abrasión* elevadas (terrazas marinas) que con disposición escalonada de sur a norte y dispuestas en paralelo al litoral, se extienden por toda la zona. Se han reconocido al menos cuatro niveles a cotas aproximadas de +2-3 m, +6-10 m, +8-12 y +20-30 m, si bien, como ya se ha señalado, la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe (+40-60 m), esculpida sobre la Fm Los Haitises, quizá constituya realmente la plataforma de abrasión más antigua (Fig. 2.3).

Las terrazas segunda y cuarta tienen representación en toda la zona, constituyendo respectivamente las Superficies Inferior e Intermedia de la Llanura Costera del Caribe. La tercera forma la mayor parte de Cabo Caucedo. Por lo que respecta a la primera, aparece en pequeños retazos del litoral, como al oeste de la isla La Piedra, y tiene carácter erosivo exclusivamente.

En el frente de algunos de estos niveles se reconocen crestas arrecifales, pequeñas elevaciones paralelas al borde externo de la plataforma. El caso más evidente es el de la cresta existente en el frente de la Fm Los Haitises, visible en la autopista del Noreste y que se prologa hacia el oeste hasta las proximidades del hipódromo de Santo Domingo. Las plataformas están delimitadas por *acantilados fósiles*, más o menos degradados, que aparecen como escarpes verticalizados de orden decamétrico. Por lo que respecta a los *acantilados* actuales, aunque de gran continuidad a lo largo de toda la zona, poseen una envergadura más modesta, con desniveles de 2-6 m.

Las formas marino-litorales se completan con las playas, que pese a su carácter ocasional debido al predominio de la costa acantilada, adquieren notable relevancia en el caso de Boca Chica, de 1,5 km de longitud y anchura de orden decamétrico.

4.1.2.3 Formas originadas por meteorización química

Poseen una notable representación, desarrollándose sobre las calizas de las Fms. Los Haitises y La Isabela, que conjuntamente configuran un área *con intensa karstificación*. Ésta alcanza su principal expresión en el *campo de dolinas* existente al noroeste de Boca Chica y que evoca un modelado incipiente semejante al de la región de Los Haitises. Las *dolinas* son las formas más características, alcanzando más de 4 km de eje mayor, siendo frecuentes también las *uvalas*, por confluencia de varias de ellas. En cualquier caso, la forma más extendida corresponde al *campo de lapiaces* desnudo visible por toda la zona.

Existen evidencias de un notable desarrollo endokárstico, como la inexistencia de drenaje superficial en los afloramientos calcáreos, con desaparición de algunos cursos fluviales que alcanzan el macizo calcáreo, como es el caso del río Brujuelas, en el límite septentrional de la Hoja. Más evidentes son las cuevas, si bien de reducidas dimensiones, por lo que no se han representado cartográficamente.

4.1.3. Formas antrópicas

La actividad antrópica constituye una importante característica en diversas zonas, estando relacionada principalmente con la modificación del paisaje debida a los usos del suelo para actividades agropecuarias, labores extractivas, construcción de redes de transporte y asentamientos urbanos o de tipo industrial; localmente, la remoción de materiales y la modificación de la topografía original son intensas, bien allanando, rellenando o ahuecando el terreno.

Aunque obviamente las actividades de tipo constructivo e industrial son máximas en el ámbito de Boca Chica y Puerto Caucedo, no se han representado las numerosas modificaciones antrópicas plasmadas en la base topográfica o consistentes en obras civiles o urbanísticas, habiéndose hecho hincapié exclusivamente en las modificaciones sustanciales de la topografía y, especialmente, las ganancias de terreno a expensas del mar.

Con este criterio, se ha representado exclusivamente la *zona ganada al mar* que supone la isla La Piedra o de Los Pinos, islote artificial situado frente a Boca Chica, creado en 1955 por acumulación de los materiales del dragado efectuado para la ampliación y remodelación del muelle y el canal de entrada al Puerto de Andrés. Posee más de 700 m de eje mayor y 330 m de eje menor.

4.2. Evolución e historia geomorfológica

La fisonomía actual de la zona empieza a perfilarse durante el Plioceno, cuando la región formaba parte de la una extensa plataforma carbonatada situada al sur de la actual Cordillera Oriental, restringida durante dicha época a una serie de islas e islotes, a modo de archipiélago (Díaz de Neira *et al.*, 2007). La evolución y la historia geomorfológica de la zona están condicionadas principalmente por la tendencia ascendente de dicha plataforma a lo largo del Cuaternario.

La característica básica de la plataforma pliocena es la presencia de una barrera arrecifal (Fm Los Haitises) de orientación E-O, que protegía un amplio *lagoon* (Fm Yanigua) (Fig. 4.3.a) que recibía descargas terrígenas procedentes de la incipiente Cordillera Oriental. La tendencia ascendente de La Española puesta de manifiesto en épocas precedentes prosiguió, con lo que durante el Pleistoceno Inferior se produciría

el ascenso de la plataforma, de forma que probablemente durante el Pleistoceno Medio el antiguo armazón arrecifal se configuraría como un umbral que separaba el mar Caribe de un mar interior o una gran laguna costera situada al norte (Fig. 4.3.b). El consiguiente retroceso marino iría acompañado de la migración hacia el sur de los edificios arrecifales (Fm La Isabela).

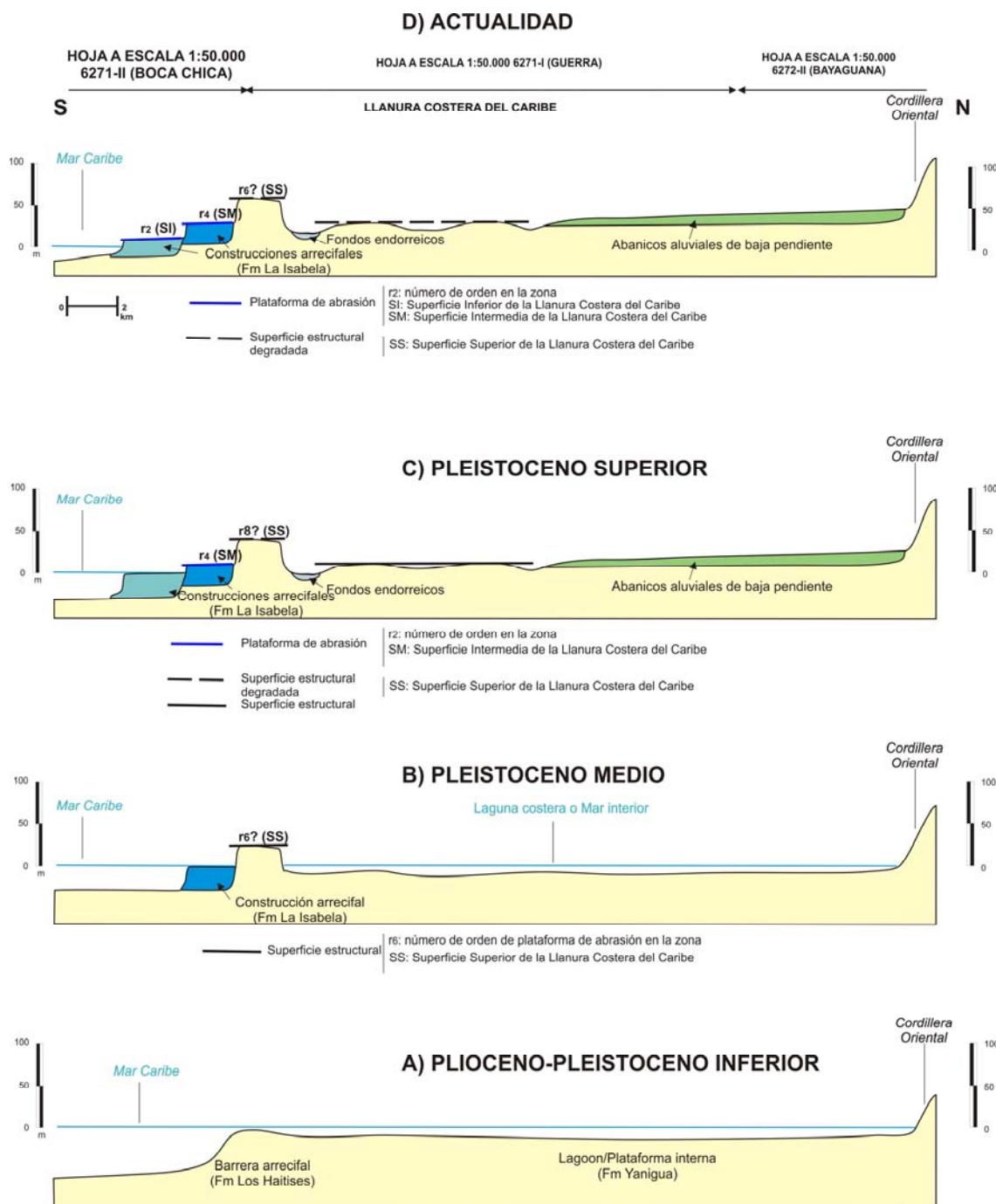


Fig. 4.3. Evolución del perfil del sector occidental de la Llanura Costera del Caribe en el ámbito de la Hoja de Boca Chica

En el Pleistoceno Superior, el antiguo *lagoon* se encontraría totalmente emergido, configurándose como una gran zona endorreica, en tanto que la migración arrecifal hacia el sur produjo el depósito escalonado de nuevas construcciones. Al norte, la tendencia ascendente de la Cordillera Oriental tuvo como consecuencia la formación de abanicos aluviales que tapizarían al menos el sector septentrional del antiguo *lagoon* (Fig. 4.3.c)

La evolución más reciente, holocena, parece haber estado presidida por la karstificación de la extensa superficie calcárea y la dinámica, principalmente erosiva, del litoral. A todo ello hay que sumar los efectos de la intensa antropización observable en buena parte de la zona.

Como principales factores condicionantes de la futura evolución de la región, deben tenerse en cuenta la tendencia ascendente de la misma, con el consiguiente retroceso de la línea de costa y el descenso progresivo del nivel de base, circunstancias que incrementarán el poder erosivo de los elementos de la red fluvial existentes al norte de la zona de estudio y por tanto, la eficacia de su erosión remontante, con posibles capturas derivadas de ella; asimismo es preciso considerar la influencia de la dinámica costera, predominantemente de tipo erosivo debido a su carácter acantilado, así como la de la actividad gravitacional en los paleoacantilados de las terrazas marinas, los retoques producidos por los fenómenos kársticos y, finalmente, las modificaciones provocadas por la actividad antrópica.

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 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

Dentro de la Hoja de Boca Chica existe una cierta variedad en cuanto a la naturaleza de los procesos activos, habiéndose reconocido diversos tipos de actividad: sísmica; tectónica; asociada a movimientos de laderas; por procesos de erosión, de inundación y de sedimentación; asociada a litologías especiales; y antrópica.

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

dominico 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 Boca Chica pone de manifiesto la necesidad de abordar los estudios sísmicos en relación con áreas más extensas, ya que en ella la distribución de epicentros no evidencia un patrón claro, aunque parece insinuarse una cierta orientación NO-SE, coincidente con la de la Zona de Falla de La Española, detectada en el sustrato mediante métodos geofísicos (Fig. 3.1). No obstante, al proyectar los epicentros de una zona más extensa, también parecen formar parte de una banda de dirección E-O, paralela tanto a la Fosa de los Muertos, al sur, como al borde meridional de la Cordillera Oriental, al norte. Los seísmos registrados en la Hoja son de profundidad variable entre 10,6 y 96,4 km, alcanzando el de mayor envergadura una magnitud de 4,7 (1991).

Cabe destacar que la Hoja se encuentra dentro de la zona severamente afectada por el terremoto de 1751; otro tanto cabe decir del sector occidental de aquélla con relación a los seísmos de 1615, 1673 y 1761 (Fig. 4.4)

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.

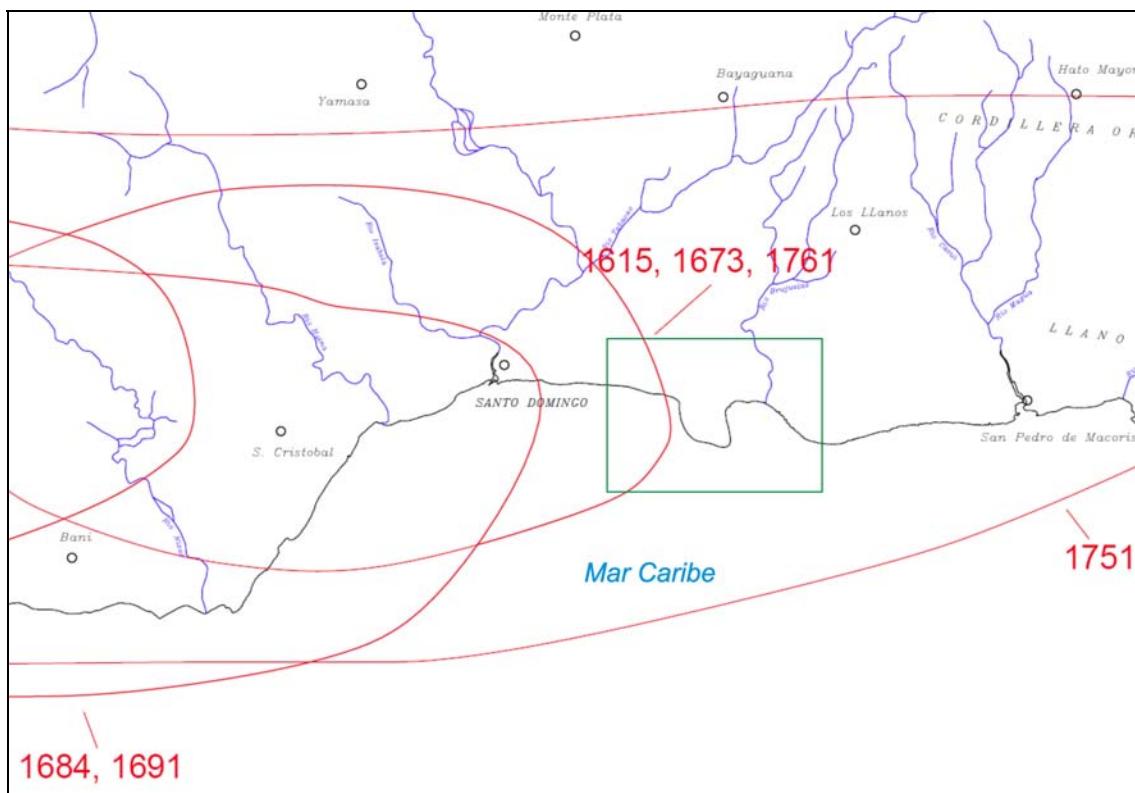


Fig. 4.4. Zonas afectadas severamente por la sismicidad histórica en La Española (Pointec, 1999).

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 Caribe, considerando como tal el territorio comprendido entre la línea de costa y el

paleoacantilado que separa las superficies Inferior e Intermedia de la Llanura, debe considerarse susceptible de sufrir este tipo de fenómenos. La práctica totalidad de dicho dominio constituye un área vulnerable en la Hoja, aunque obviamente la vulnerabilidad disminuye con la altitud y la distancia a la costa.

Son numerosas las evidencias de este tipo de fenómenos en el ámbito de Cabo Caucedo, donde sobre la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe se encuentran bloques de calizas arrecifales, con frecuencia de diámetro superior a 1 m, y que corresponden a huracanitas, es decir bloques depositados por el mar durante un huracán. Buenos ejemplos pueden observarse en el litoral situado junto al Aeropuerto de Las Américas.

4.3.2. Tectónica activa

En una región donde la tectónica activa es evidente, con una acusada tendencia ascendente denunciada por las diversas terrazas marinas de la franja litoral, no se han identificado estructuras tectónicas susceptibles de representación cartográfica.

Dicha tendencia ascendente puede cuantificarse de acuerdo con los escasos datos cronológicos disponibles (Fig. 2.3), estableciéndose una tasa de elevación promedio para el sector occidental de la Llanura Costera del Caribe de 0,06-0,14 mm/año desde el MIS 5e (121 ± 9 ka), tasa extrapolable también al menos hasta el MIS 11 (Braga, 2010). En cualquier caso, el levantamiento se ha venido produciendo como mínimo desde el final del depósito de la Fm Los Haitises, acontecido de forma imprecisa durante el intervalo Plioceno-Pleistoceno Inferior, lo que permite establecer tasas de elevación orientativas de 0,02-0,09 mm/año para dicha formación, en el mismo orden de magnitud que las estimadas para la Fm La Isabela, pero sensiblemente inferiores a las deducidas para las cordilleras Septentrional y Oriental.

4.3.3. Actividad asociada a movimientos de laderas

Se trata de una actividad restringida a *caídas de bloques* de orden métrico a favor de los paleoacantilados ligados a los aterrazamientos marinos más destacados. Destaca ligeramente por su desnivel el paleoacantilado que limita la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe.

4.3.4. Actividad asociada a procesos de erosión

Ante la ausencia de red fluvial, este tipo de actividad es mínima en los afloramientos calizos de las Fms. Los Haitises y La Isabela, relacionándose exclusivamente con la dinámica litoral en los modestos *acantilados* esculpidos en la Fm La Isabela.

4.3.5. Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación

Posee una incidencia mucho menor que en las zonas circundantes, relacionándose con la actividad litoral, la dinámica lacustre y, en general, con cualquier tipo de proceso generador de flujos acuosos o aportes sedimentarios susceptibles de acumularse en áreas deprimidas.

Aunque muy poco representativas de la zona, las *playas* poseen una evidente actividad actual. Dentro de este grupo también cabe señalar, pese a sus reducidas dimensiones, la laguna del parque de La Caleta.

Además, en relación con procesos de inundación en la franja litoral, no deben olvidarse los potenciales efectos que podría ocasionar la ocurrencia de un tsunami ni los más frecuentes debidos a la llegada de tormentas tropicales y huracanes, como denuncian los grandes bloques correspondientes a huracanitas existentes en Cabo Caucedo.

También las depresiones de origen kárstico desarrolladas sobre los materiales calcáreos son susceptibles de aparecer como áreas inundadas tras lluvias extraordinarias, especialmente las depresiones revestidas por un importante depósito de arcillas de descalcificación; la extensión y abundancia de estas depresiones aumentan en general con la edad de los materiales, siendo máximas en relación con la Fm Los Haitises y mínimas en el caso de los niveles costeros de la Fm La Isabela.

4.3.6. Actividad asociada a litologías especiales

Su expresión más evidente se produce en relación con los afloramientos de las Fms. Los Haitises y La Isabela, en los que se observa tanto un *lapiáz desnudo*, como *depresiones por disolución* correspondientes a dolinas y uvalas. Al noroeste de Boca

Chica se reconoce un área con *depresiones por disolución sin representación cartográfica individualizada* relacionada con los procesos kársticos que afectan a las calizas de la Fm Los Haitises. También cabe considerar como tal una franja litoral hectométrica, en la que se observan esporádicos procesos de colapso. De forma más genérica, es preciso tener en cuenta los potenciales procesos de colapso que podrían generarse como consecuencia del desarrollo del endokarst, originando en su caso dolinas en superficie.

4.3.7. Actividad antrópica

Pese a la evidente e intensa actividad antrópica de la zona, se consideran en este apartado únicamente aquellos procesos relacionados con modificaciones sustanciales del relieve, puestos de manifiesto especialmente por la existencia de *zonas ganadas al mar*, destacando la acumulación de bloques constituyente de la isla de La Piedra.

5. HISTORIA GEOLÓGICA

Las rocas aflorantes en la Hoja de Boca Chica registran tan sólo los episodios más recientes de la evolución de La Española, concretamente los acontecidos desde el Plioceno. No obstante, su subsuelo alberga materiales relacionados con los orígenes de la isla, que se remontan a hace más de 130 Ma y que se relacionan con la evolución de la placa del Caribe, desde su inicio como un arco de islas primitivo (Donnelly *et al.*, 1990), hasta su colisión oblicua con la placa de Norteamérica y la traslación a lo largo de fallas transcurrentes subparalelas al límite de placas.

En cualquier caso, para establecer lo ocurrido durante el Mesozoico y el Paleógeno es preciso acudir al ámbito de las cordilleras Oriental y Central. Por ello, poco puede decirse de lo acontecido hasta el Plioceno que no sean los aspectos genéricos de La Española comúnmente aceptados, consistentes básicamente en la convergencia oblicua de orientación OSO a SO y la posterior colisión del margen continental de la placa Norteamericana con el sistema de arco isla caribeño, iniciada en el Eoceno-Mioceno Inferior y que continúa en la actualidad. Bajo este régimen geodinámico, la región se estructuró en una serie de unidades de procedencia oceánica y mantélica, amalgamadas por la actividad de los desgarres sinistros generados.

A lo largo del intervalo anterior, la zona habría estado sometida, al menos temporalmente, a procesos erosivos, siendo en el Plioceno cuando la región comenzó a adquirir su fisonomía actual. Durante este periodo, la actual Llanura Costera del Caribe constituía una extensa plataforma carbonatada situada al sureste de una incipiente Cordillera Central y al sur de la Cordillera Oriental, restringida durante dicha época a una serie de islas e islotes, a modo de archipiélago (Díaz de Neira *et al.*, 2007).

La plataforma se caracterizó por la presencia de una barrera arrecifal de orientación E-O (Fm Los Haitises), que protegía al norte un amplio *lagoon* (Fm Yanigua) al que llegaban descargas terrígenas procedentes de los incipientes relieves septentrionales (Fig. 5.1.a). La tendencia ascendente de La Española debida a la convergencia entre placas, prosiguió durante el Pleistoceno Inferior, provocando la elevación de la plataforma.

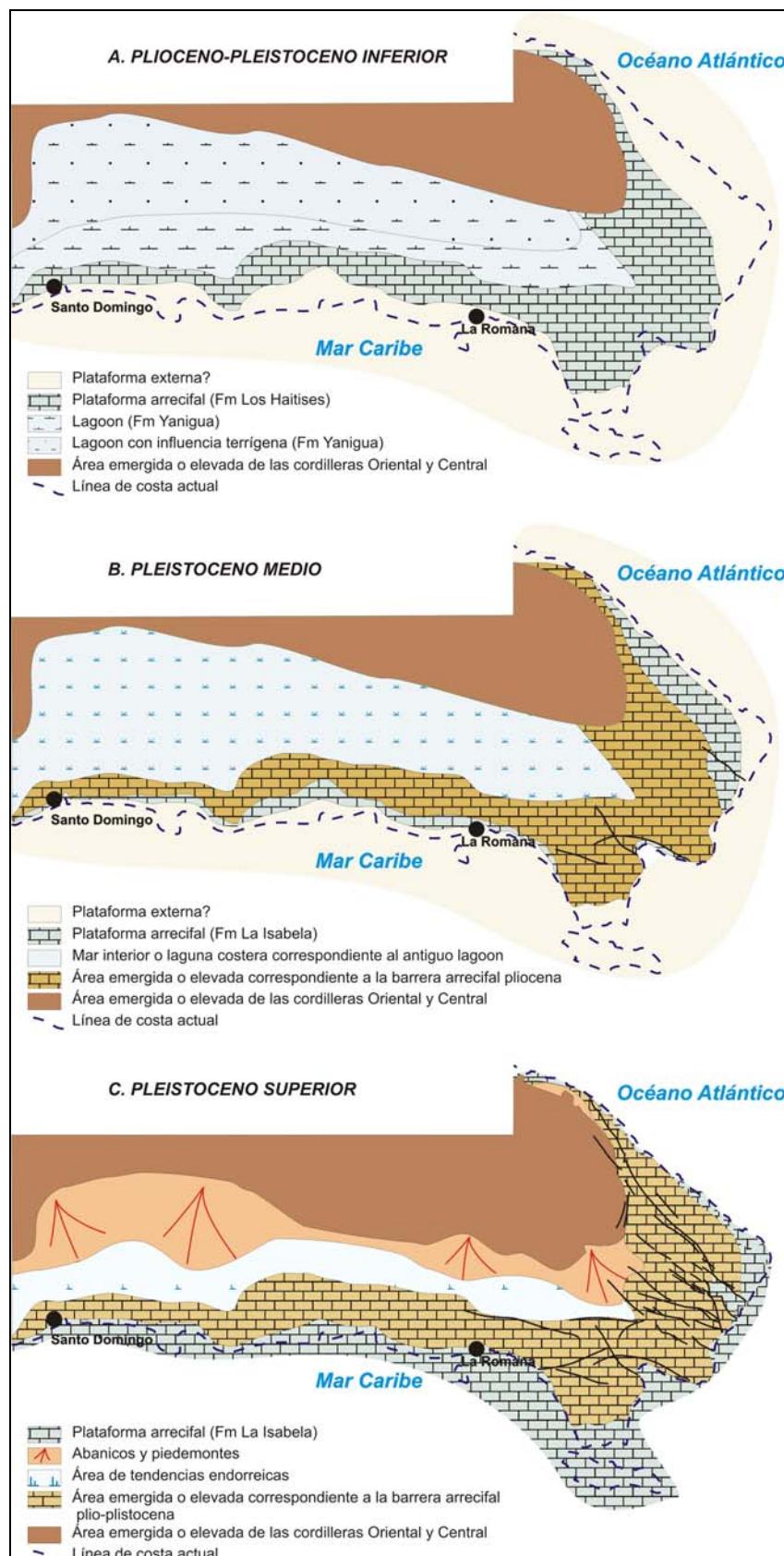


Fig. 5.1. Evolución paleogeográfica de la Llanura Costera del Caribe durante el Plioceno-Pleistoceno

En primera instancia, el antiguo armazón arrecifal se configuraría como un umbral que separaba un mar interior o una gran laguna costera (al norte) del mar Caribe (al sur); el retroceso de la línea de costa iría acompañado de la migración de los edificios arrecifales (Fm La Isabela), cuyo primer depósito acontecería en el Pleistoceno Medio (Fig. 5.1.b).

En el Pleistoceno Superior, el antiguo *lagoon* se encontraría totalmente emergido, configurándose como una gran zona endorreica a la que descargarían, entre otros, unos incipientes ríos Ozama, Isabela y Brujuelas. La tendencia ascendente de las cordilleras Oriental y Central tuvo como consecuencia la formación de abanicos y piedemontes que tapizarían al menos el sector septentrional del antiguo *lagoon* (Fig. 5.1.c). El continuo retroceso marino hacia el sur propició el desarrollo de las construcciones arrecifales más recientes de la Llanura Costera del Caribe.

Probablemente, un proceso de erosión remontante provocó la captura del sector occidental de la zona endorreica, que pasaría a desaguar al mar Caribe merced a un río Ozama incrementado longitudinalmente. Simultáneamente, al norte, en el ámbito de la Hoja de Guerra (6271-I), se mantendrían las tendencias endorreicas precedentes proliferando las lagunas, generadas en unos casos a favor de antiguos cursos fluviales abandonados y en otros, de disoluciones del sustrato calcáreo.

La evolución holocena ha mantenido las pautas anteriores, destacando las notables deficiencias en el drenaje superficial y la actividad kárstica sobre los materiales calcáreos, así como la dinámica litoral, predominantemente erosiva.

6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

6.1. Hidrogeología

6.1.1. Climatología e hidrología

El territorio ocupado por la Hoja de Boca Chica está afectado por un típico clima tropical, con temperaturas anuales medias que varían entre 25 y 26°C, medias máximas de 30-31°C y medias mínimas de 20-21°C, observándose en cualquier caso un efecto suavizador del océano ante los cambios de temperatura. En cuanto a las precipitaciones, sus valores anuales medios son de 1.000-1.500 mm, con valores máximos de 1.600-1.700 mm y mínimos de 700-800 mm, observándose en todos los casos un aumento de este a oeste; en cualquier caso, estas pluviometrías sufren variaciones irregulares en función de la frecuencia de llegada de tormentas tropicales y huracanes.

Ya que la mayoría de los afloramientos de la Hoja están constituidos por calizas muy karstificadas pertenecientes a las Fm. Los Haitises y La Isabela, la escorrentía se resuelve de forma subterránea, sin que existan manifestaciones de escorrentía superficial. No obstante, debido a la climatología de la zona, son posibles los encharcamientos e inundaciones rápidos en zonas localizadas.

6.1.2. Hidrogeología

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

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

- *Formaciones porosas*, que constituyen acuíferos de *permeabilidad muy alta y productividad alta*. Son los conjuntos calcáreos plio-pleistocenos (Fms. Los Haitises y La Isabela), afectados por una intensa karstificación.

- *Formaciones porosas*, que constituyen *acuíferos de permeabilidad alta, pero de productividad limitada* debido a sus dimensiones. Corresponden a los depósitos de playa.
- *Formaciones de baja permeabilidad y sin acuíferos significativos*. Se trata de los depósitos margosos pliocenos de la Fm Yanigua y los sedimentos cuaternarios de fondos kársticos y lagunas.

| EDAD | UNIDAD O AGRUPACIÓN HIDROGEOLÓGICA | UNIDADES CARTOGRÁFICAS | LITOLOGÍAS | GRADO/TIPO DE PERMEABILIDAD | TIPOS DE ACUÍFEROS Y OBSERVACIONES |
|--------------------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|---|---|
| CUATERNARIO | Playas | 8 | Arenas | Alta por porosidad intergranular | Acuíferos libres de productividad limitada |
| | Depósitos kársticos y lagunares | 5, 9 | Lutitas | Baja | Sin acuíferos significativos |
| | Fm La Isabela | 3, 4, 6, 7 | Calizas arrecifales | Muy alta por porosidad intergranular y karstificación | Acuífero libre extenso de elevada productividad, que descarga al mar |
| PLIOENO- PLEISTOCRINO INFERIOR | Fm Los Haitises | 2 | Calizas arrecifales | Muy alta por porosidad intergranular y karstificación | Acuífero libre extenso de elevada productividad que pueden alimentar a algunos acuíferos cuaternarios |
| | Fm Yanigua | 1 | Margas con intercalaciones de calizas | Baja | Sin acuíferos significativos |

Fig. 6.1. Cuadro-resumen de las unidades o agrupaciones hidrogeológicas en la Hoja de Boca Chica

La zona se enmarca en la Unidad Hidrogeológica nº 1-“Planicie Costera Oriental” (Acuater, 2000) que muestra unos límites meridional y oriental abiertos, con aportación al mar Caribe y al océano Atlántico.

Las Fms. Los Haitises y La Isabela constituyen la mayor parte de los afloramientos y a la vez son los acuíferos principales, por lo que la práctica totalidad de las precipitaciones se traduce en escorrentía subterránea, con aportes al mar y voluminosos aprovechamientos para actividades humanas urbanas e industriales, al tratarse de una zona muy poblada y de importante desarrollo económico en la actualidad.

La excepción a este esquema general se produce en el sector nororiental, donde los niveles con margas de la Fm Yanigua permiten cierta escorrentía superficial, en cualquier caso carente de jerarquización, que discurre hacia el norte, configurado

como una región de claras tendencias endorreicas en la vecina Hoja de Guerra (6271-I).

Los datos piezométricos de la región, con isopiezas decrecientes hacia el litoral, confirman el drenaje hacia el mar Caribe (Fig. 6.2), encontrándose el nivel piezométrico de toda la Hoja a una cota inferior a +1 m sobre el nivel del mar (Acuater, 2000).

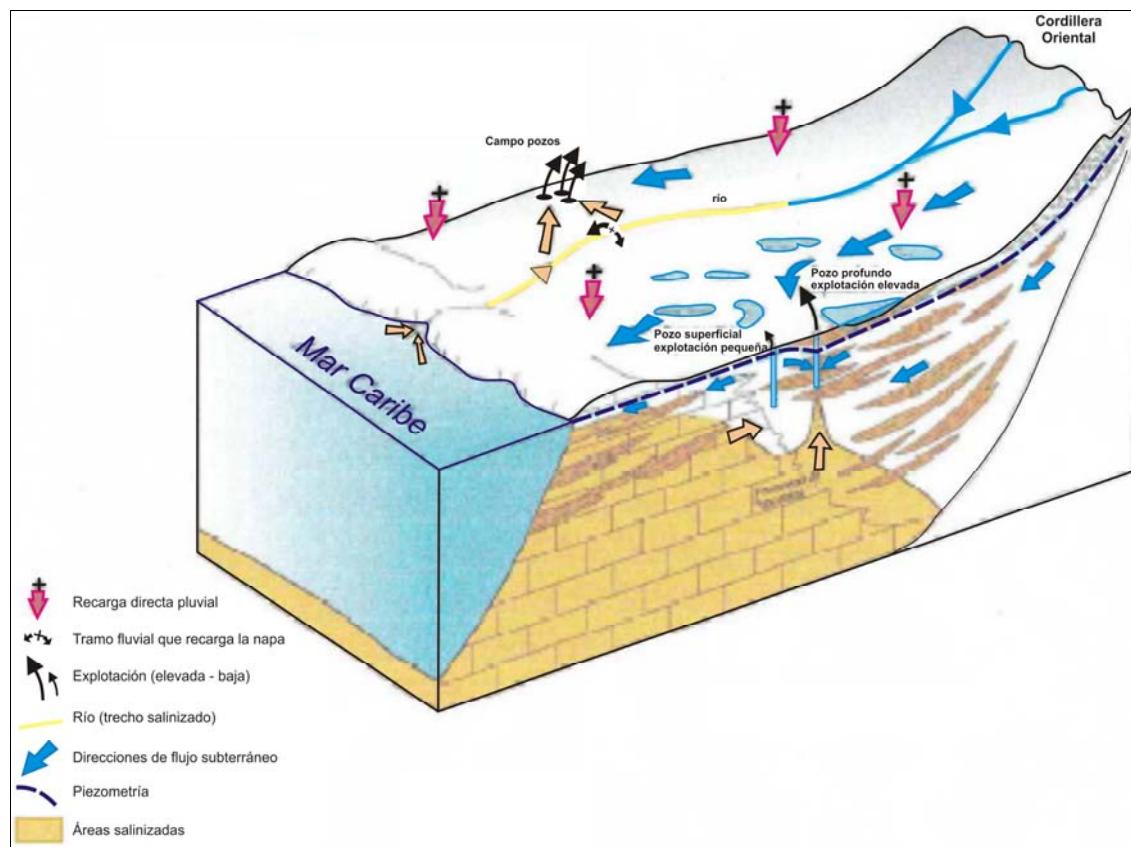


Fig. 6.2. Esquema hidrogeológico de la Llanura Costera del Caribe (Acuater, 2000)

Las aguas subterráneas muestran una vulnerabilidad alta a muy alta (Acuater, 2000), apreciándose una notable intrusión marina (Rodríguez y Febrillet, 2006) por efecto de las intensas explotaciones subterráneas.

6.2. Recursos minerales

Los indicios identificados en la Hoja de Boca Chica corresponden exclusivamente al grupo de las rocas Industriales (Fig. 6.3).

| NÚMERO | COORDENADAS UTM | | FORMACIÓN | SUSTANCIA | ACTIVIDAD | TAMAÑO | UTILIZACIÓN |
|--------|-----------------|-----------|--------------|-----------|--------------|---------|-------------|
| | X | Y | | | | | |
| 1 | 04 30.760 | 20 42.217 | La Isabela | Caliza | Abandonada | Mediana | Arm |
| 2 | 04 32.952 | 20 44.615 | Los Haitises | Caliza | Activa | Grande | Arm |
| 3 | 04 34.623 | 20 41.601 | La Isabela | Caliza | Activa | Grande | Clz |
| 4 | 04 41.958 | 20 43.042 | Los Haitises | Caliza | Abandonada | Grande | Arm |
| 5 | 04 41.738 | 20 43.023 | Los Haitises | Caliza | Abandonada | Grande | Arm |
| 6 | 04 42.231 | 20 42.795 | Los Haitises | Caliza | Abandonada | Mediana | Arm |
| 7 | 04 42.550 | 20 42.884 | Los Haitises | Caliza | Abandonada | Mediana | Arm |
| 8 | 04 44.773 | 20 42.581 | Los Haitises | Caliza | Abandonada | Pequeña | Arm |
| 9 | 04 42.409 | 20 39.690 | Los Haitises | Caliza | Intermitente | Mediana | Arm |
| 10 | 04 39.950 | 20 39.206 | La Isabela | Caliza | Activa | Mediana | Clz |
| 11 | 04 41.044 | 20 39.290 | La Isabela | Caliza | Activa | Mediana | Clz |
| 12 | 04 40.568 | 20 38.915 | La Isabela | Caliza | Activa | Mediana | Clz |
| 13 | 04 41.128 | 20 38.056 | La Isabela | Caliza | Abandonada | Grande | Clz |
| 14 | 04 40.909 | 20 37.911 | La Isabela | Caliza | Abandonada | Pequeña | Clz |
| 15 | 04 41.146 | 20 37.777 | La Isabela | Caliza | Abandonada | Pequeña | Clz |
| 16 | 04 41.796 | 20 37.005 | La Isabela | Caliza | Activa | Mediana | Clz |
| 17 | 04 42.625 | 20 36.709 | La Isabela | Caliza | Abandonada | Pequeña | Clz |
| 18 | 04 42.307 | 20 36.005 | La Isabela | Caliza | Abandonada | Pequeña | Clz |

Arm: Áridos de machaqueo

Clz: Calizas ornamentales

Fig. 6.3. Cuadro-resumen de indicios de la Hoja de Boca Chica (6271-II)

6.2.1. Rocas Industriales

La actividad extractiva se distribuye principalmente por el sector oriental, correspondiendo a canteras de materiales relacionados con obras de distinto tipo. Por una parte, de tipo urbanístico, con extracción de bloques de carácter ornamental, y por otra, ligadas a la ejecución de obras ligadas principalmente con la red de comunicaciones, tanto en lo que se refiere a construcción, como reparación y mantenimiento.

Se observa una importante actividad, con explotaciones de dimensiones muy variables. Sus materiales son aprovechados como áridos de machaqueo o roca ornamental, como puede apreciarse en numerosas edificaciones de la zona.

6.2.1.1 Descripción de las Sustancias

En todos los casos se han explotado calizas, ya sean arrecifales o brechoides, agrupadas en capas o en bancos, pertenecientes a las Fms. Los Haitises y La Isabela. Aunque su espesor es variable, en todos los casos sobrepasan la decena de metros. Las activas se encuentran alejadas de los núcleos urbanos y de las redes de comunicación principales, lo que disminuye notablemente su impacto visual, estando bien comunicadas a través de pistas.

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 en general, tanto en lo que se refiere a construcción, como a reparación y mantenimiento. Los litotectos existentes en la Hoja poseen grandes reservas y son susceptibles de aprovechamiento futuro, al menos en las zonas menos urbanizadas, tal como acontece hoy en día. En cualquier caso, la demanda dependerá directamente del dinamismo del sector de la construcción, tanto a nivel urbanístico como de infraestructuras y obras civiles.

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 Boca Chica se han inventariado dos Lugares de Interés Geológico: Arrecife de la Cantera de La Malena y Terraza marina de Las Américas. Reflejan las principales características geológicas de la Hoja, cuya fisonomía básica ha sido elaborada por construcciones arrecifales escalonadas, sometidas posteriormente a la actividad de los procesos marino-litorales y kársticos (Fig. 7.1).



Fig. 7.1. Localización de los Lugares de Interés Geológico (LIG) de la Hoja de Boca Chica

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).

- LIG nº 1. Arrecife de la Cantera de La Malena

Corresponde a una extraordinaria exposición de detalle de las calizas arrecifales de la Fm La Isabela en los frentes de una pequeña cantera localizada al este de La Malena, en las proximidades de la autopista del Este. Su contenido principal es de tipo sedimentológico, con un interés subordinado de tipo paleontológico y económico; por su utilización, posee interés científico y didáctico y su ámbito de utilización es nacional.

Los taludes de la cantera, de unos 3 m de altura, muestran un conjunto masivo de acumulaciones coralinas que en detalle corresponden al núcleo de una construcción

arrecifal constituido por un armazón de *Acropora palmata* en posición de vida. Son restos conservados *in situ* de arrecifes de coral, muy semejantes a los existentes hoy día en el Caribe.

A techo se observa un nivel inferior a 1 m de espesor constituido por acumulaciones de conchas de moluscos, principalmente ostreidos, correspondientes al depósito de un *lagoon*, protegido por arrecifes situados al sur. Implican una tendencia regresiva por migración de la construcción arrecifal. En este sentido, al comienzo de la pista de acceso a la cantera desde la autopista, se aprecia una pequeña elevación del terreno que probablemente corresponda a la barrera que cerraría este pequeño *lagoon*.

En el ámbito de la cantera se observan bloques de la caliza arrecifal de indudable interés económico como roca ornamental. Se desconocen las causas del abandono de la explotación, aunque probablemente se deba a la conveniencia de concentrar las labores en un frente próximo, actualmente activo.

- LIG nº 2. Terraza marina de Las Américas

Se trata de un bello paraje muy fácilmente accesible al encontrarse en el litoral de la entrada al Aeropuerto de Las Américas, donde pueden apreciarse diversos aspectos de la dinámica costera. Su interés principal por su contenido es de tipo geomorfológico, con un interés subordinado de tipo sedimentológico y paleontológico; por su utilización es de tipo didáctico y científico, y por su ámbito de influencia, regional.

El primer aspecto que llama la atención es la extraordinaria plataforma de abrasión desarrollada a techo de la Fm La Isabela y que constituye la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe, que aquí posee una elevación de +6 m sobre el nivel del mar, cota típica de la segunda terraza marina de la zona.

Sobre la superficie, afectada por un denso lapiaz de orden centimétrico, se observan diversos bloques desperdigados de calizas coralinas. Sus notables dimensiones, con ejes mayores superiores a 2 m, sugieren que corresponden a huracanitas, es decir, materiales transportados y depositados por el mar durante el paso de un huracán. Bloques de este tipo se reconocen por la zona de Cabo Caucedo y la presencia de

algunos de ellos es explicada por Geister (1982) como consecuencia del paso del huracán Allen en 1980.

Por último, el acantilado ofrece una magnífica exposición de los corales en posición de vida constituyentes de un armazón arrecifal.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ACUATER (2000).** Mapa Hidrogeológico Nacional. Planicie Costera Oriental, mapa nº 9/1/3 Escala 1:50 000. Programa SYSMIN, Proyecto J. DServicio 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).
- BARRET, W. (1962).** Emerged and submerged shorelines of the Dominican Republic. *Rev. Geog., Inst. Panam. Geog. e Hist.*, 30, 51-77.
- 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 República Dominicana. 9^a Conferencia Geológica del Caribe, Santo Domingo, República Dominicana. *Memorias*, 1, 303-322.
- CGG (COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE) (1999).** Informe final sobre la prospección magnética y radiométrica aeroportada 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.

DÍAZ DE NEIRA, J.A., HERNAIZ HUERTA, P.P. (2004). Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6272-I (Antón Sánchez) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DÍAZ DE NEIRA, A., MARTÍN-SERRANO, A., ESCUER, J. (2007). Evolución geomorfológica de la Cordillera Oriental Dominicana. Boletín Geológico y Minero, IGME, 118-2, 385-399.

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.

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.

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

GABB, W. M. (1881). On the topography and geology of Santo Domingo. Am. Philos. Soc. Trans., n.s., XV, 49-259.

GARCÍA-SENZ, J. (2004). Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6372-III (Hato Mayor) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

GEISTER, J. (1982). Pleistocene reef terraces and coral environments at Santo Domingo and near Boca Chica, southern coast of the Dominican Republic. 9^a Conferencia Geológica del Caribe (Santo Domingo, 1980), 2, 689-703.

HERNAIZ, P.P. (2004). Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6272-III (Monte Plata) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. 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.
- LEA, D.W., MARTIN, P.A., PAK, D.K., SPERO, H.J. (2002).** Reconstruction a 350 ky history of sea-level using planktonic Mg/Ca and oxygen isotope records from a Cocos Ridge core. Quaternary Science Reviews, 283, 283–293.
- 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., DRAPER, G., LEWIS, J.F., Eds. (1991).** Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 401 pp.
- 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).
- MONTHEL, J. (2004).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6372-III (El Valle) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- MONTHEL, J., CAPDEVILLE, J. (2004).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6272-II (Bayaguana) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- MONTHEL, J., NICOL, N., FONDEUR, L., GENNA, A. (2004).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6272-IV (Sabana Grande de Boyá) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo
- 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.
- PROINTEC (1999).** Prevención de Riesgos geológicos (Riesgo sísmico). Programa SYSMIN, Proyecto D. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- RODRÍGUEZ, H., FEBRILLET, J.F. (1982).** Potencial hidrogeológico de la República Dominicana. Boletín Geológico y Minero, IGME, 117-1, 187-200.
- SCHUBERT, C., COWART, J.B. (1982).** Terrazas marinas del pleistoceno a lo largo de la costa suroriental de la Rep. Dominicana: cronología preliminar. 9^a Conferencia Geológica del Caribe (Santo Domingo, 1980), 2, 681-688.
- VALLADARES, S., LÓPEZ, J.G., SÁNCHEZ, J., DOMÍNGUEZ, R., PROL, J., MARRERO, M., TENREYRO, R. (2006).** Evaluación preliminar del potencial de hidrocarburos de la Republica Dominicana. Centro de Investigaciones del Petróleo. 129 pp. (Inédito).
- VAUGHAN, T.W., COOKE, W., CONDIT, D.D., ROSS, C.P., WOODRING, W.P., CALKINS, F.C. (1921).** A Geological Reconaisance 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.