



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

MAPA GEOLÓGICO
DE LA REPÚBLICA DOMINICANA

ESCALA 1:50.000

JUANILLO

(6571-III)

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

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

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

INFORME DE LAS FORMACIONES ARRECIFALES DEL NEÓGENO Y CUATERNARIO

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

MICROPALEONTOLOGÍA

- Dr. Luis Granados (Geólogo Consultor)

PETROGRAFÍA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

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

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

GEOMORFOLOGÍA Y PROCESOS ACTIVOS

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS

- Ing. Eusebio Lopera (IGME)

TELEDETECCIÓN

- Ing. Juan Carlos Gumiel (IGME)

INTERPRETACIÓN DE LA GEOFÍSICA AEROTRANSPORTADA

- Dr. José Luis García Lobón (IGME)

DIRECTOR DEL PROYECTO

- Ing. Eusebio Lopera (IGME)

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE LA UNIÓN EUROPEA

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

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

- Dr. Andrés Pérez-Estaún (Instituto Ciencias de la Tierra 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 Juanillo/Bávaro (6571/6572) y Memoria adjunta
- Mapa de Recursos Minerales del Cuadrante a escala 1:100.000 de Juanillo/Bávaro (6571/6572) 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 Juanillo (6571-III) se localiza en el sector oriental de la Llanura Costera del Caribe, mar que baña su litoral. Su fisonomía responde a una historia geológica muy reciente, caracterizándose por la existencia de tres superficies principales escalonadas, de las que la más elevada, constituyente de la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe, es, con mucho, la más extensa. Está configurada sobre los materiales más antiguos, depositados durante el Plioceno, que corresponden a los materiales calcáreos de carácter arrecifal atribuidos a la Fm Los Haitises. Encajada en ésta y configurando las superficies inferiores, aflora la Fm La Isabela, de carácter arrecifal igualmente, depositada durante el Pleistoceno, sobre la que se dispone un complejo litoral fósil.

De forma discontinua e irregular, sobre la Fm Los Haitises se distribuyen afloramientos de sedimentos de origen kárstico. El registro cuaternario es mucho más variado en el litoral, con depósitos de playas, cordones litorales, marismas y áreas pantanosas.

La superficie o plataforma superior está afectada por una red de fracturación ESE-ONO, en tanto que las intermedias están dislocadas por fallas de orientación NO-SE, E-O y NO-SE. Por el contrario, en la plataforma inferior no se han observado estructuras de origen tectónico.

La evolución de la zona ha supuesto su elevación continua a lo largo del Cuaternario, con la consiguiente ganancia de terreno al mar y la retirada progresiva de éste, elevación que puede reconstruirse a grandes rasgos desde la emersión de la plataforma pliocena hasta la actualidad.

ABSTRACT

The 1:50.000 Juanillo sheet (6571-III) is located in the eastern sector of the Llanura Costera del Caribe, sea that bathes its coasts. Its appearance characterized by the existence of three principal marine graded terraces, corresponds to a very recent geological history. Top terrace forms Upper Surface of the Llanura Costera del Caribe and is the largest. It was developed on the older material, deposited during the Pliocene times, corresponding to the reef limestone attributed to the Haitises Fm. Embedded in upper surface and forming the lower surfaces, it crops out La Isabela Fm, reef limestones too, deposited during the Pleistocene times; it provides over a complex coastal fossil.

Outcropping on Los Haitises Fm, it appears discontinuous and irregular karst sediments. The Quaternary record is much more varied on the coast, with beach, coastal barrier, marshes and swamp deposits.

The upper surface is affected by an ESE-WNW fractures system, while intermediates surfaces are disrupted by NW-SE, E-W and NW-SE faults. By contrast, the lower surface has not tectonic structures.

Recent regional evolution is the continuous rise, increasing land at the expense of sea simultaneously kickback. Their lifting can be reconstructed from the platform Pliocene until today.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	9
1.1.	Metodología	9
1.2.	Situación geográfica	12
1.3.	Marco geológico.....	15
1.4.	Antecedentes	16
2.	ESTRATIGRAFÍA	19
2.1.	Cenozoico	19
2.1.1.	Plioceno-Pleistoceno.....	19
2.1.1.1.	Fm Los Haitises. (1) Calizas, calizas bioclásticas y calizas arrecifales. (2) Calizas con corales. Plioceno-Pleistoceno Inferior N ₂ -Q ₁	21
2.1.1.2.	Fm La Isabela. (3, 5) Calizas arrecifales (Plataforma Superior). (6) Calizas arrecifales (Plataforma Inferior). Pleistoceno Medio-Superior Q ₂₋₃	23
2.1.1.3.	Complejo litoral fósil inferior. (7) Calcarenitas. Duna fósil (8) Calcarenitas. Pleistoceno Superior Q ₃	26
2.1.2.	Holoceno	27
2.1.2.1.	Fondo de dolina (4). Arcillas de descalcificación. Pleistoceno- Holoceno Q ₁₋₄	27
2.1.2.2.	Marisma baja (Manglar) (9). Lutitas con vegetación abundante. Holoceno Q ₄	28
2.1.2.3.	Área pantanosa (10). Lutitas con materia orgánica. Holoceno Q ₄	28
2.1.2.4.	Cordón litoral (11). Arenas. Holoceno Q ₄	28
2.1.2.5.	Playa (12). Arenas. Holoceno Q ₄	29
3.	TECTÓNICA	30
3.1.	Estructura.....	30
3.2.	Estructura de la Hoja de Juanillo	32
4.	GEOMORFOLOGÍA.....	36
4.1.	Análisis geomorfológico	36
4.1.1.	Estudio morfoestructural	36
4.1.1.1.	Formas estructurales	37
4.1.2.	Estudio del modelado.....	39
4.1.2.1.	Formas gravitacionales	40
4.1.2.2.	Formas lacustres y endorreicas	40
4.1.2.3.	Formas marinas-litorales.....	40
4.1.2.4.	Formas originadas por meteorización química	42
4.2.	Evolución e historia geomorfológica	42

4.3.	Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico	45
4.3.1.	Actividad sísmica	45
4.3.1.1.	Tsunamis.....	47
4.3.2.	Tectónica activa	48
4.3.3.	Actividad asociada a movimientos de laderas	49
4.3.4.	Actividad asociada a procesos de erosión	49
4.3.5.	Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación	50
4.3.6.	Actividad asociada a litologías especiales	50
5.	HISTORIA GEOLÓGICA	52
6.	GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	55
6.1.	Hidrogeología.....	55
6.1.1.	Climatología e hidrología	55
6.1.2.	Hidrogeología.....	55
6.2.	Recursos minerales	57
6.2.1.	Rocas Industriales.....	58
6.2.1.1.	Descripción de las Sustancias	58
6.2.2.	Potencial minero	59
6.2.2.1.	Rocas Industriales y Ornamentales	59
7.	LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO	60
7.1.	Relación de los L.I.G.....	60
7.2.	Descripción del Lugar	60
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	63

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Metodología

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

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

Zona Norte:

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

- 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)

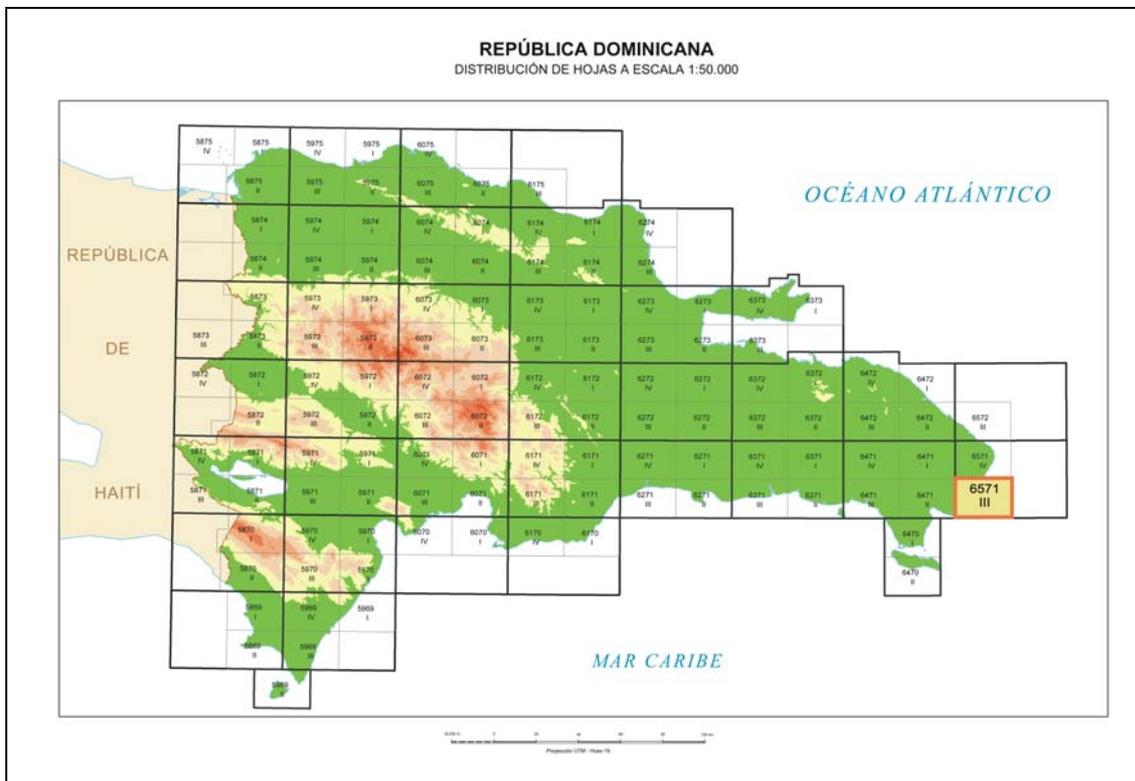


Fig. 1.1. Distribución de Hojas a escala 1:50.000 de la República Dominicana y situación de la Hoja de Juanillo (6571-III)

Zona Sureste:

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

Zona Sur:

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

Zona Suroeste:

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

Ya que cada Hoja forma parte de un contexto geológico más amplio, la ejecución de cada una de ellas se ha enriquecido mediante la información aportada por las de su entorno, con frecuentes visitas a sus territorios; por ello, a lo largo de la presente Memoria son frecuentes las referencias a diversas Hojas próximas, especialmente a la de Pantanal (6571-IV).

Durante la realización de la Hoja a escala 1:50.000 de Juanillo 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 (Juanillo-6571/Bávaro-6572).

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

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

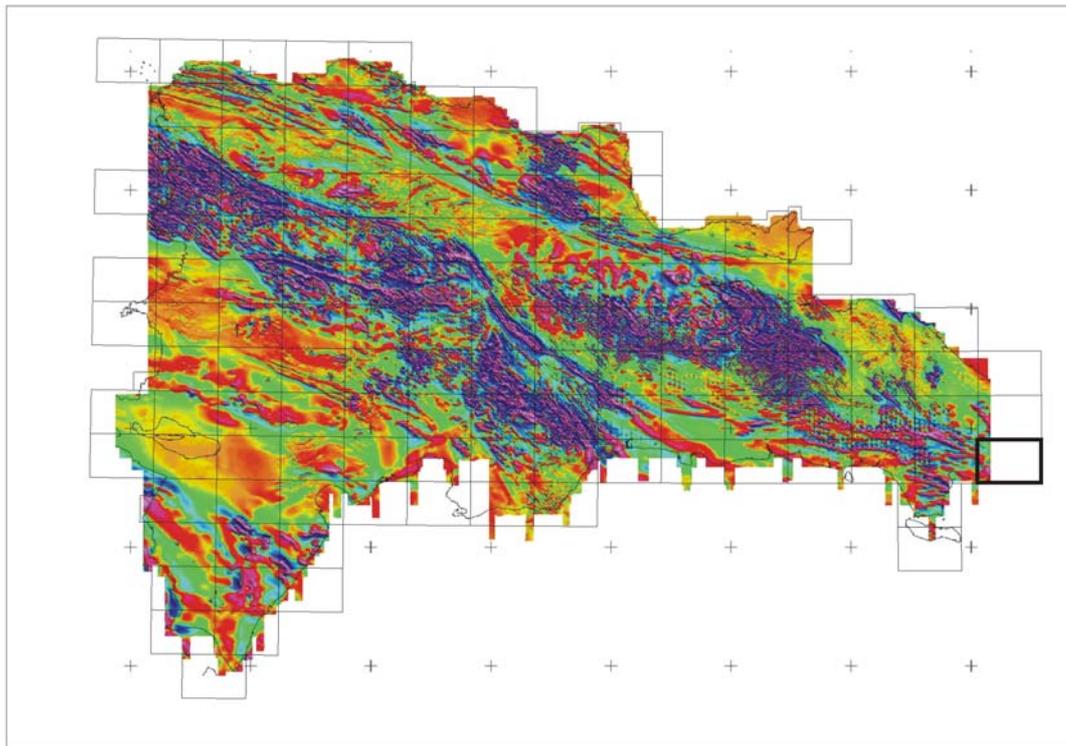


Fig. 1.2. Mapa de Gradiente vertical de la República Dominicana (Ayala *et al.*, *in press*)

1.2. Situación geográfica

La Hoja a escala 1:50.000 de Juanillo (6571-III) se encuentra situada en el extremo oriental de la República Dominicana, incluyéndose su territorio en los municipios de Salvaleón de Higüey y San Rafael del Yuma, en la provincia de La Altagracia. Pertenece a uno de los principales dominios fisiográficos de la República Dominicana, la Llanura Costera del Caribe (Fig. 1.3), cuya fisiografía queda definida por la presencia de una serie de superficies escalonadas dispuestas a grandes rasgos en paralelo a la línea de costa.

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, entre ellos Santo Domingo, La Romana y San Pedro de Macorís. 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).

Constituye 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. Pese a la envergadura de éstos, en general se trata de una región con drenajes deficientes, especialmente en su franja costera, donde predominan las pérdidas de escorrentía superficial. Su litoral se configura principalmente como una costa baja, pero acantilada, en la que se intercalan diversas playas, más frecuentes en el extremo oriental.

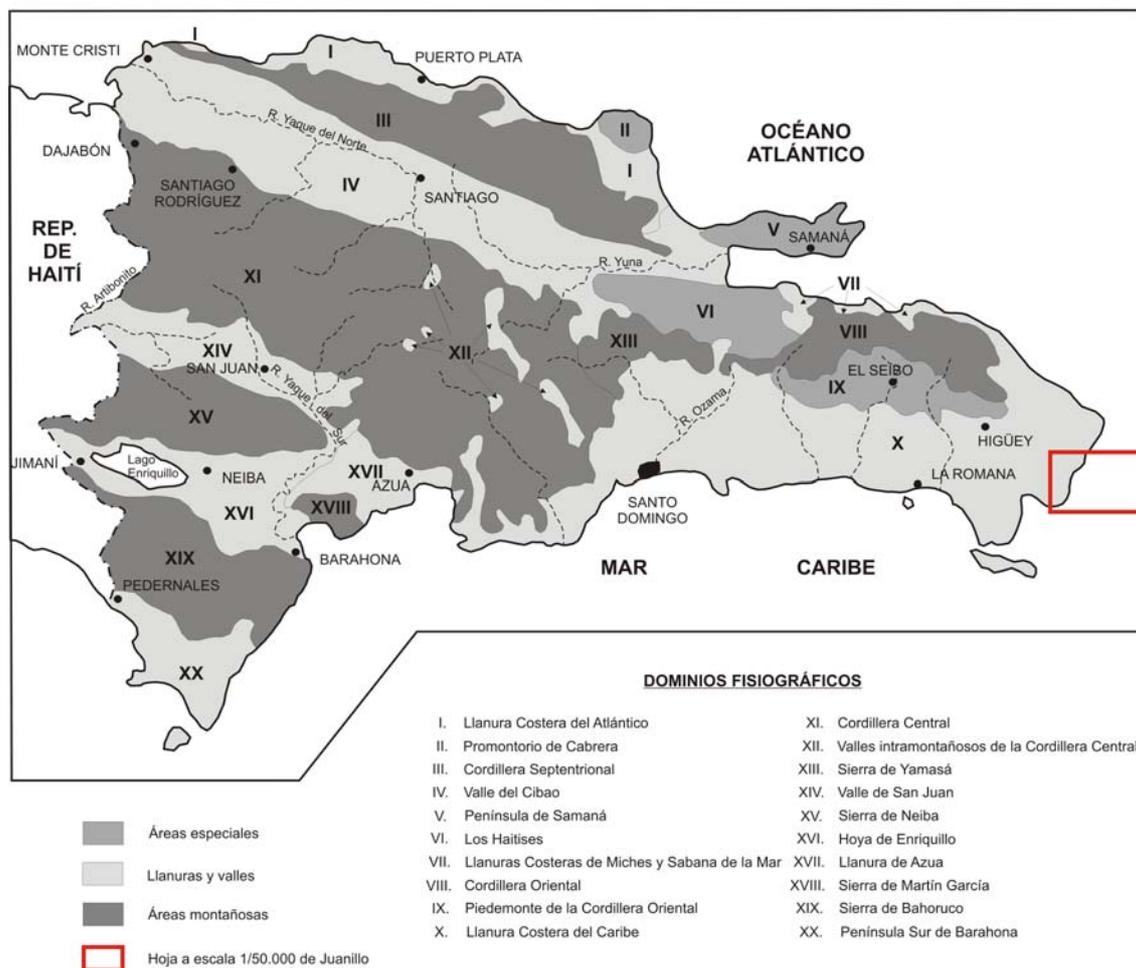


Fig. 1.3. Esquema de situación de la Hoja de Juanillo en relación con los principales dominios fisiográficos de la República Dominicana (De la Fuente, 1976, modificado)

En el ámbito de la Hoja, la fisonomía de la Llanura Costera del Caribe se basa en la existencia de tres superficies principales escalonadas (Fig. 1.5), que en la zona alcanzan su altitud máxima en Coyuba (102 m). No obstante, aquí se aprecia la pérdida de su paralelismo con respecto a la costa, de modo que la superficie superior domina la región, disponiéndose a sus pies una irregular franja costera que se estrecha de norte a sur. En ésta se reconocen diversas superficies escalonadas de

orden inferior carentes de continuidad, de forma que en el sector meridional la superficie superior “se asoma” directamente al mar Caribe. En toda la zona se pone de manifiesto la deficiencia del drenaje superficial, con una total ausencia de cursos fluviales.



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

La región posee un típico clima tropical (De la Fuente, 1976), suavizado por su carácter insular, con temperaturas medias de 26-27° C y precipitaciones de 900-1.100 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 bosque seco subtropical.

Se trata de una zona muy despoblada, siendo el complejo turístico de Capa Cana el único núcleo que alberga un cierto número de habitantes y que registra actividad humana. Su principal recurso económico es el turismo, ya que pese a la despoblación, la actividad agrícola y ganadera es mínima, restringiéndose al paraje de El Cabo.

La red de comunicaciones queda restringida al ámbito turístico, de forma que a la mayor parte de la zona tan sólo es posible el acceso a pie. En relación con el

transporte aéreo, cabe destacar la proximidad del Aeropuerto Internacional de Punta Cana, uno de los más activos del país.

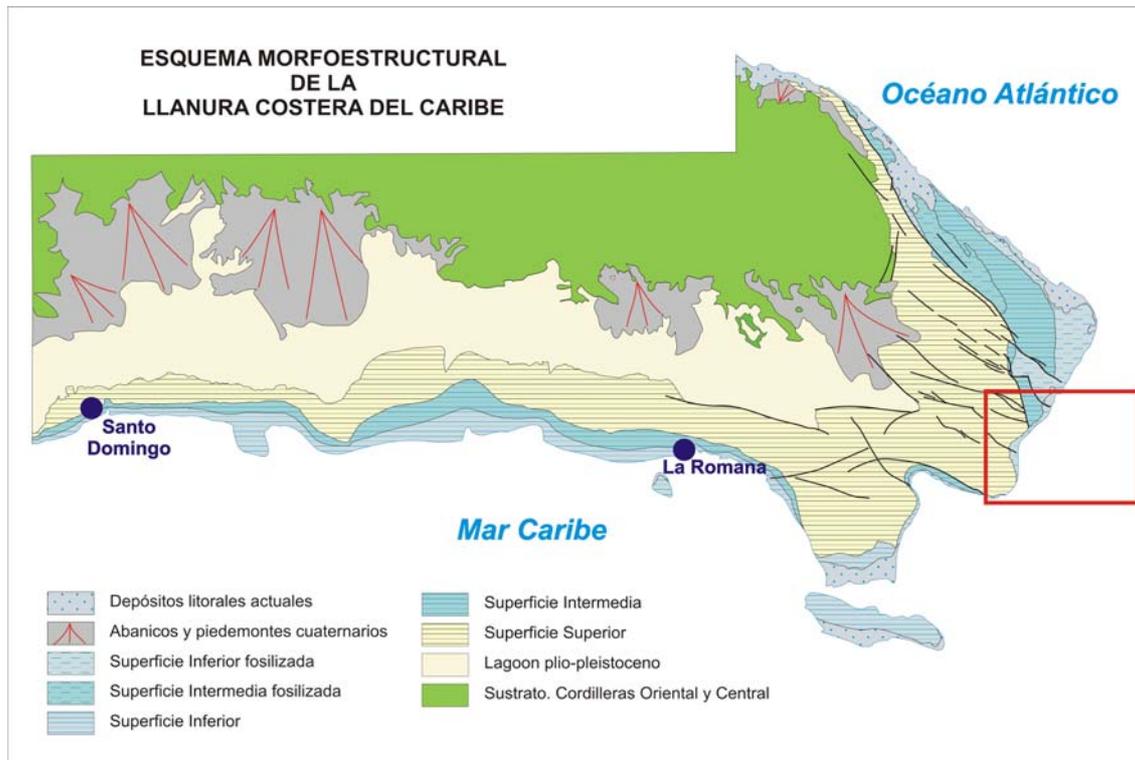


Fig. 1.5. Esquema morfoestructural de la Llanura Costera del Caribe

1.3. Marco geológico

La Hoja de Juanillo refleja parcialmente las características geológicas del dominio en el que se incluye, la Llanura Costera del Caribe, cuya estructura geológica 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 y el este provocó la migración de las construcciones arrecifales cuaternarias (Fm La Isabela), con elaboración de superficies de aterramiento asociadas.

Dentro de este contexto general, la Hoja posee una notable representación de las Fms. La Isabela y Los Haitises, estando ausente la Fm Yanigua (Fig. 1.6); también poseen una buena representación los sedimentos litorales y eólicos relacionados con la emersión de la Fm La Isabela. Entre los depósitos más recientes, además de los de origen kárstico, desarrollados a expensas de los materiales calcáreos de las formaciones citadas, cabe destacar los de origen lacustre-endorreico y litoral.

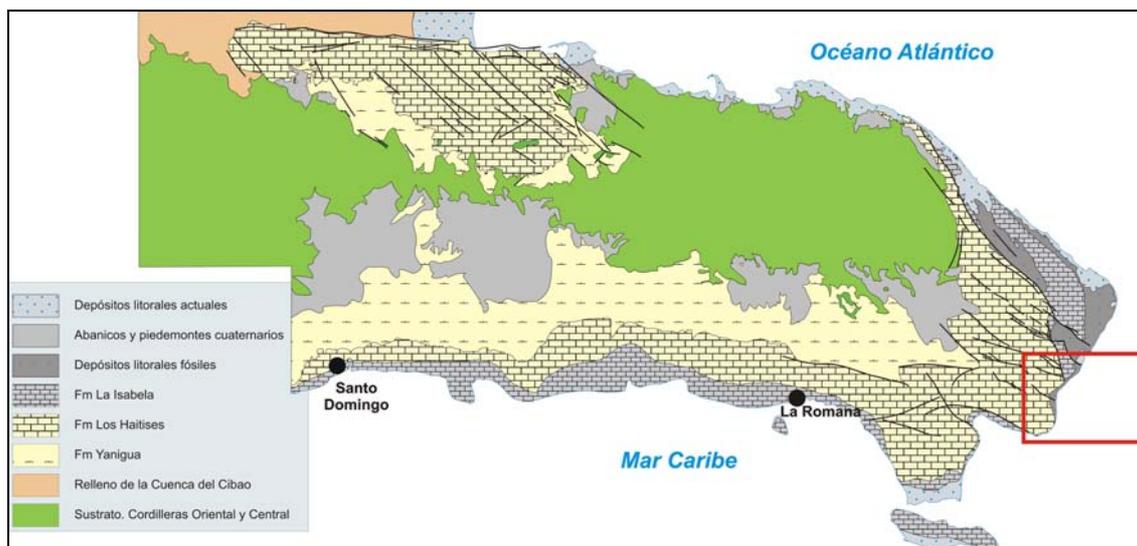


Fig. 1.6. Esquema geológico de las plataformas plio-cuaternarias del sector oriental de la República Dominicana y situación de la Hoja de Juanillo

Los materiales más antiguos están afectados por una red de fallas cuya orientación sugiere su relación con el sistema de fracturación de la Cordillera Oriental, si bien es posible que su génesis esté relacionada con la actividad de la cresta de La Mona.

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; Bourdon (1985), con un detalle considerable de la Cordillera Oriental, principalmente en cuanto a estratigrafía, paleontología y petrología; Boisseau (1987), sobre la estructura del flanco nororiental de la Cordillera Central; Mercier de Lepinay (1987), ambicioso estudio estratigráfico y estructural de la isla para establecer su interpretación geodinámica; De Zoeten (1988), acerca de la estratigrafía y la estructura de la Cordillera Septentrional; y Dolan (1988), relativa a 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 artículo relativo a un dominio de la extensión de la Llanura Costera del Caribe. El volumen va acompañado de cartografías sintéticas a escala 1:150.000 de diversos dominios, observándose también una importante escasez de datos en relación con la llanura. 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 señaló la existencia de ocho niveles principales. Posteriormente, Schubert y Cowart (1982) propusieron una cronología preliminar para estos niveles y Geister (1982) se centró 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, se aborda la estratigrafía, sedimentología y paleogeografía de las formaciones arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana, incluyendo además referencias concretas de puntos próximos a la Hoja de Juanillo.

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

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

2. ESTRATIGRAFÍA

En la Hoja a escala 1:50.000 de Juanillo afloran exclusivamente materiales cenozoicos, concretamente pliocenos y cuaternarios, que constituyen dos conjuntos netamente diferenciados (Fig. 2.1):

- Materiales pliocenos y pleistocenos, que configuran la morfoestructura de la zona. Se trata de rocas sedimentarias de origen marino y litoral, 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 que incluye depósitos de origen kárstico, marino-litoral y lacustre-endorreico.

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 en la zona, los afloramientos cercanos a los bordes de la llanura evidencian que consiste en un paleorrelieve modelado sobre rocas sedimentarias paleógenas y, especialmente, sobre rocas ígneo-metamórficas y sedimentarias integrantes del basamento de las cordilleras Oriental y Central, intensamente deformadas. Los materiales plio-pleistocenos de la Hoja se agrupan en dos grandes conjuntos:

- Fm Los Haitises. Constituye la mayor parte del sector occidental, atribuyéndose 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. Presenta desnivelamientos por fracturación y un suave plegamiento. Su espesor mínimo alcanza 80 m.



Fig. 2.1. Esquema geológico del extremo oriental de la Llanura Costera del Caribe

- Fm La Isabela y depósitos litorales relacionados con ella. Se disponen con morfología escalonada entre la Fm Los Haitises y el litoral, enmarcándose en el Pleistoceno. La Fm La Isabela está integrada mayoritariamente por calizas depositadas en plataformas arrecifales que migraron hacia el este al desplazarse en dicho sentido la línea de costa. Su espesor visible se acerca a 20 m. Sus representantes más antiguos se encuentran dislocados por la red de fracturación. Se relacionan con la Fm La Isabela los materiales calcareníticos litorales y eólicos suprayacentes, depositados tras la emersión de las plataformas y cuyo espesor máximo se aproxima a 10 m.

2.1.1.1. Fm Los Haitises. (1) Calizas, calizas bioclásticas y calizas arrecifales. (2) Calizas con corales. Plioceno-Pleistoceno Inferior N₂-Q₁

Se trata del conjunto calcáreo que constituye las zonas más elevadas, disponiéndose regionalmente a modo de umbral entre la franja litoral y las zonas deprimidas topográficamente, situadas al noroeste (Hojas a escala 1:50.000 de Salvaleón de Higüey, 6471-I, y San Rafael del Yuma, 6471-II). Su límite hacia el litoral es especialmente evidente, coincidiendo con un destacado escarpe de hasta 80 m de desnivel, que constituye el principal elemento de referencia del paisaje de la zona. Es en este escarpe donde se encuentran sus mejores puntos de observación, pudiendo destacarse los taludes de las vías de acceso a Farallón y a La Jarda, así como las canteras próximas a este último paraje.

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 Iturralde (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 la distinta evolución estructural y del diferente grado de meteorización sufrido.

Aparece como 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, aspecto reforzado 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 80 m. Hacia el noroeste, fuera de los límites de la Hoja, pasa a la Fm Yanigua mediante cambio lateral.

Petrográficamente, aparecen como calizas fosilíferas (biomicritas) con grado de recristalización variable y porosidad de hasta el 10%, tanto primaria como secundaria. Predominan los *packstones* y *wackestones* bioclásticos, con proporciones variables de

aloquímicos (12-48%), matriz (45-70%) y cemento (7-28%); el contenido de aloquímicos corresponde en su totalidad a fósiles.

Las facies más frecuentes corresponden a construcciones de corales (Fig. 2.2), especialmente ramosos, que pueden aparecer fragmentadas o dispersas en un sedimento bioclástico con matriz micrítica, o bien como colonias masivas. También se reconocen calizas con acumulaciones de moldes de moluscos, con corales solitarios y restos de conchas de ostreidos y pectínidos, así como calizas bioclásticas con intercalaciones de corales ramosos muy bioturbadas. La elevada proporción de corales en el sector meridional ha permitido la individualización de un tramo cartográfico (unidad 2) dentro de la formación.

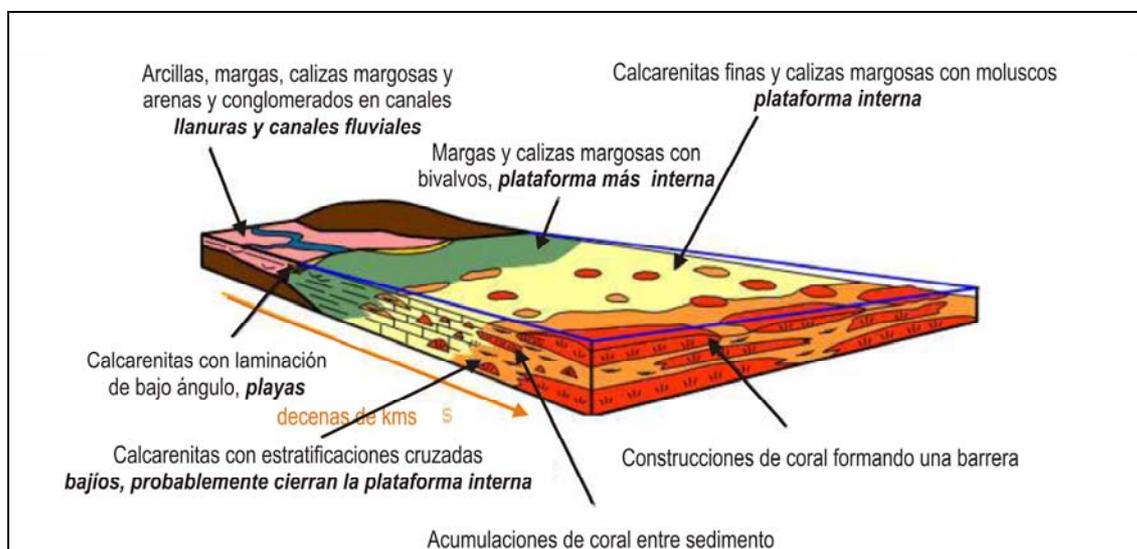


Fig. 2.2. Esquema paleogeográfico del Plioceno-Pleistoceno Inferior (Fms. Yanigua-Los Haitises) (Braga, 2010)

Además de los Corales, que constituyen el integrante principal, la unidad alberga un abundante contenido fosilífero, aunque poco determinativo, que incluye Algas rojas, Miliólidos, Nummulítidos, Bivalvos, Gasterópodos, Briozoos, 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).

2.1.1.2. Fm La Isabela. (3, 5) Calizas arrecifales (Plataforma Superior). (6) Calizas arrecifales (Plataforma Inferior). Pleistoceno Medio-Superior Q₂₋₃

Las presentes unidades configuran las plataformas o aterrazamientos dispuestos entre el umbral constituido por la Fm Los Haitises y la línea de costa. Se reconocen dos plataformas o terrazas principales, que constituyen espectaculares planicies; la inferior (unidad 6) queda oculta casi en su totalidad por depósitos costeros fósiles (unidad 7), de forma que tan sólo aflora en el litoral y en torno a la ciénaga de Pantanal, en tanto que la superior (unidad 3) se desdobra en buena parte de la zona en un ligero escalonamiento inferior, de extensión menor (unidad 5). 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 los tres niveles estriba en su disposición morfológica y las diferencias cronológicas que implica. El nivel más antiguo (unidad 3) configura una plataforma horizontal dispuesta a cotas cercanas a +20 m. El nivel intermedio (unidad 5) se encuentra ligeramente encajado en el anterior (3 m), configurando una estrecha banda dispuesta a cotas de +14-20 m; el escarpe que lo limita por el este es más pronunciado que el occidental, alcanzando 6 m de desnivel. Por lo que respecta al nivel más moderno (unidad 6), se dispone a +6 m en el litoral, quedando oculto en la mayor parte de la zona, deduciéndose su presencia a una cota similar hacia el interior.

Pese a la escasez y deficiencia de afloramiento general en la zona, el litoral y los escarpes del campo de golf de Capa Cana permiten observaciones detalladas de estas unidades, sin olvidar en este sentido las exposiciones ofrecidas por diversas canteras de la vecina Hoja de Pantanal (6571-IV).

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, confiere una elevada

macroporosidad a la formación. Por su excelente calidad, es preciso señalar el afloramiento ofrecido por el basurero localizado junto a la carretera Verón-Capa Cana, al oeste de Punta Cana (Hoja de Pantanal, 6175-IV), donde se observa un armazón de ejemplares gigantes de *Acropora palmata*. No se ha observado la base de estas unidades en punto alguno, en tanto que su techo está marcado por los depósitos litorales fósiles de composición calcarenítica (unidad 7), deduciéndose espesores superiores a 20 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 se incrementan las proporciones de colonias de ramas finas de *A. prolifera* y *A. cervicornis*, que acaban siendo dominantes. Según Geister (1982), a mayor profundidad pasan a dominar de nuevo las colonias masivas de *Montastrea*, *Diploria* y *Porites*.

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

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

Estas facies representan los restos conservados *in situ* de arrecifes de coral, muy semejantes, tanto en componentes como en la zonación de la composición, a los arrecifes actuales del Caribe (Fig. 2.3).

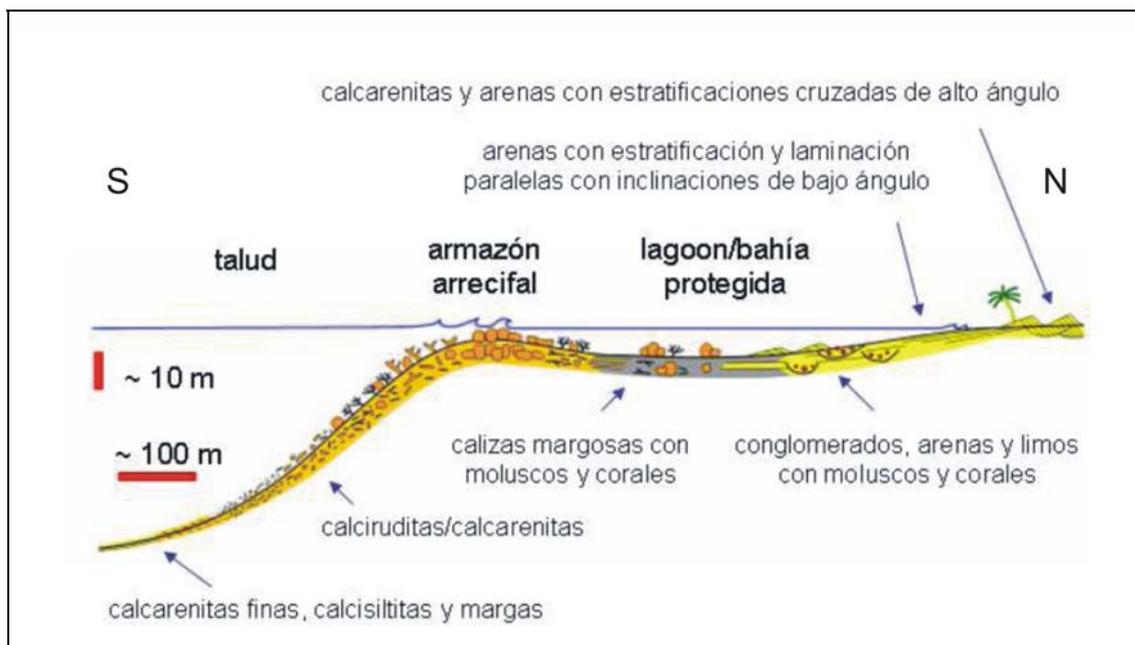


Fig. 2.3. Modelo sedimentario de la Fm La Isabela (Braga, 2010)

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

Pese al abundante contenido faunístico que incluyen, su edad se basa exclusivamente en las dataciones efectuadas por Schubert y Cowart (1982) entre Punta Caucedo y San Pedro de Macorís sobre varias muestras tomadas entre 6 y 7 m de altura (equivalentes de la unidad 6), 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). La extrapolación de las tasas de levantamiento calculadas (Fig. 2.4) a la plataforma consecutivamente más alta (equivalente de la unidad 3), cuyo techo en dicha zona está a 30 m, sugiere que la terraza se generó en el MIS 11, cuyo pico de nivel de mar está alrededor de 400 ka. De acuerdo con las edades señaladas, el depósito de la Fm La Isabela en la Llanura Costera del Caribe se habría producido durante el Pleistoceno Medio-Superior.

ESTIMACIONES DE EDADES Y TASAS DE ELEVACIÓN EN LA LLANURA COSTERA DEL CARIBE (Basado en datos de Braga, 2010)								
FORMACIÓN	PLATAFORMA DE ABRASIÓN	UNIDAD CARTOGRÁFICA	SECTOR SAN PEDRO-BOCA CHICA		SECTOR PUNTA CANA		DATACIÓN (ka)	EDAD
			COTA (m)	TASA DE ELEVACIÓN (mm/a)	COTA (m)	TASA DE ELEVACIÓN (mm/a)		
LA ISABELA	r1	6	6	0,03	6	0,03	121+9	PLEISTOCENO SUPERIOR
			10	0,06	10	0,06		
	r3	3	30	0,06	45	0,08	400	PLEISTOCENO MEDIO
LOS HAITISES	r4?	1-2	60	0,08	100	0,13	781	PLEISTOCENO INFERIOR
				0,02		0,03	3500	PLIOCENO

126 ka
781 ka
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. 2.4. Tasa de elevación y edad de las unidades arrecifales de la Hoja de Juanillo en el contexto de la Llanura Costera del Caribe

2.1.1.3. Complejo litoral fósil inferior. (7) Calcarenitas. Duna fósil (8) Calcarenitas. Pleistoceno Superior Q₃

El presente conjunto fosiliza a la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe, reflejando el último episodio de la tendencia regresiva por la que las plataformas arrecifales de la Fm La Isabela han ido retrocediendo hasta su posición actual a lo largo del Cuaternario. Presenta cortes de excelente calidad en torno a la ciénaga de Pantanal y en una extensa cantera situada al oeste de ella. No existen restos del Complejo litoral fósil superior reconocido en la Hoja de Pantanal (6571-IV).

Su unidad principal (7), constituye una espectacular planicie de la que sobresalen pequeños alomamientos correspondientes a morfologías dunares, diferenciados en El Cabo, donde sus dimensiones lo han permitido (unidad 8). Se disponen sobre la plataforma arrecifal inferior de la Fm La Isabela (unidad 6), tal como puede apreciarse en la ciénaga de Pantanal. El espesor se aproxima a 5 m, pudiendo alcanzar la decena de metros en el caso de la unidad dunar.

Las facies más frecuentes corresponden a calcarenitas bien seleccionadas, con estratificación y laminación paralela con inclinaciones de bajo ángulo hacia el mar, que

cambian lateralmente y progradan sobre el mismo tipo de sedimento con estratificaciones cruzadas en artesa de longitudes decimétricas a métricas y alturas decimétricas, y a calcarenitas con *ripples*. Son *grainstones* bien cementados, muy ricos en foraminíferos, fragmentos de algas coralinales y briozoos. Cualquiera de estas facies puede estar bioturbada. Se trata de depósitos de playa que corresponden al *foreshore* y *shoreface*. Regionalmente, el conjunto prograda sobre calcarenitas bioclásticas del *lagoon* o directamente sobre las construcciones arrecifales de la Fm La Isabela (unidad 6).

Puntualmente, sobre las facies de *foreshore* se encuentran calcarenitas muy bien seleccionadas con estratificaciones y laminaciones cruzadas de alto ángulo, longitudes métricas a decamétricas y alturas métricas. Se trata de dunas eólicas (unidad 8) cuya estratificación cruzada indica desplazamientos hacia el oeste y que constituyen cuerpos alargados que destacan algunos metros en el relieve, alineados en paralelo a la costa actual. Poseen una representación muy superior al norte de la zona.

Se interpretan como facies costeras relacionadas con la retirada de la plataforma arrecifal de la Fm La Isabela (Fig. 2.3), predominando las facies de playas, con desarrollo de dunas, esbozando un modelo sedimentario similar al de la costa no rocosa actual (Braga, 2010).

En cuanto a su edad, queda acotada por la del techo del nivel inferior de la Fm La Isabela (unidad 6), lo que la enmarca en el Pleistoceno Superior, ya que su posición morfológica y grado de consolidación invitan a descartar su pertenencia al Holoceno.

2.1.2. Holoceno

Los depósitos cuaternarios posteriores a la Fm La Isabela y a los complejos litorales fósiles poseen carácter marino-litoral, lacustre-endorreico y kárstico.

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

Aparecen relacionados con las depresiones kársticas desarrolladas sobre los materiales calcáreos de las Fms. Los Haitises y, en menor medida, La Isabela.

Configuran afloramientos de forma y dimensiones diversas, predominando las dolinas elípticas, que pueden alcanzar 1,5 km de eje mayor.

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. Marisma baja (Manglar) (9). Lutitas con vegetación abundante. Holoceno Q₄

Se desarrolla en torno a la ciénaga de Pantanal, coincidiendo con una zona de costa baja y arenosa, afectada diariamente por las mareas y colonizada por un manglar. Su depósito tiene carácter lutítico, con cierta proporción arenosa y un notable contenido de materia orgánica. Se estiman espesores de 3-5 m para este tipo de depósitos, habiéndose incluido en el Holoceno por su carácter actual.

2.1.2.3. Área pantanosa (10). Lutitas con materia orgánica. Holoceno Q₄

Se trata de la ciénaga de Pantanal, de más de 2 km de eje mayor, orientada con dirección paralela a la línea de costa. Constituye el resultado de la evolución de una laguna costera, cuya tendencia de colmatación-deseccación ha restringido de forma paulatina su superficie.

Su depósito consiste en lutitas oscuras depositadas en un área de tendencia endorreica, encharcada estacionalmente y con un cierto contenido vegetal. Su espesor no ha sido determinado, aunque debe acercarse a 2-3 m. Por su relación con la dinámica actual se enmarcan en el Holoceno.

2.1.2.4. Cordón litoral (11). Arenas. Holoceno Q₄

Este tipo de depósitos se disponen en paralelo a la línea de costa, tanto en el litoral de Capa Cana como al sur de Punta Pez, a modo de sucesión de dunas de hasta 6 m de altura. En Cap Cana poseen una anchura de varios cientos de metros y en su frente han desarrollado playas, en tanto que hacia el interior protegen a la ciénaga de Pantanal y a las marismas asociadas a ella. Por el contrario, en Punta Pez su anchura

se reduce a unas decenas de metros y se disponen sobre un pequeño acantilado configurado por la Fm La Isabela.

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

2.1.2.5. Playa (12). Arenas. Holoceno Q₄

Poseen tan sólo una pequeña representación, debido al predominio de costa acantilada. Su principal manifestación se localiza en Cap Cana, donde se asocian al frente del cordón litoral, existiendo algún tramo de más de 3 km de longitud. También se han desarrollado en los pequeños caletones intercalados en los acantilados. Poseen una anchura de orden decamétrico.

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

3. TECTÓNICA

3.1. Estructura

La Hoja de Juanillo (6571-III) se localiza en el sector oriental de la Llanura Costera del Caribe, espectacular planicie bajo cuya cobertera sedimentaria plio-cuaternaria se ocultan las estructuras de dirección NO-SE de las cordilleras Central y Oriental (Fig. 3.1). El espesor de esta cobertera 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. En el sector oriental de la llanura, el mapa de gradiente vertical de la región señala la prolongación en profundidad de las estructuras de dirección NO-SE de las cordilleras, fosilizadas en buena medida por los depósitos plio-cuaternarios.

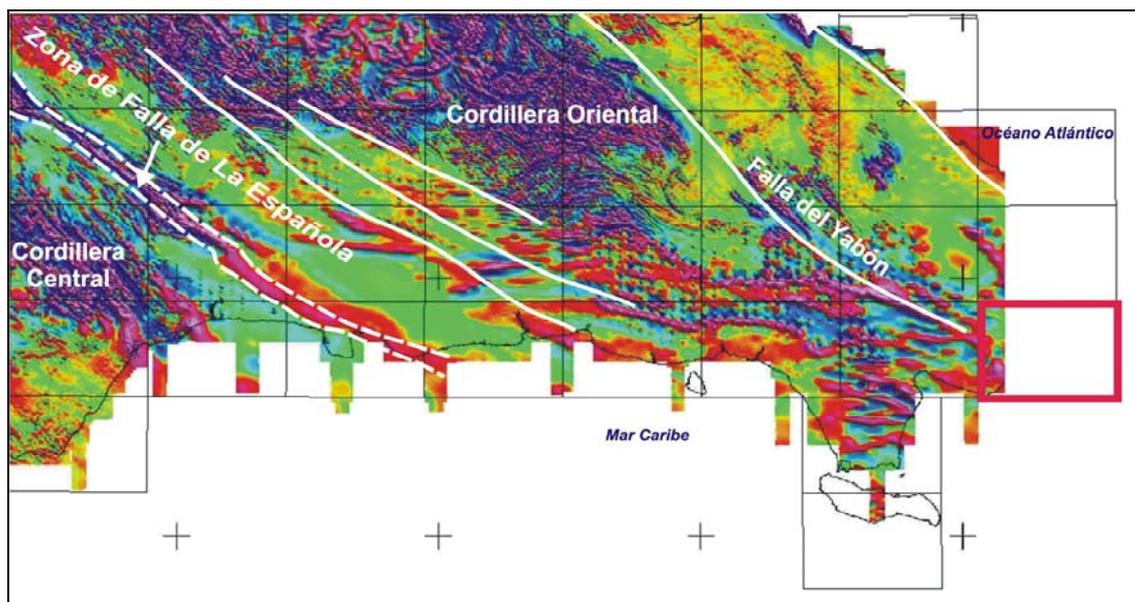


Fig. 3.1. Principales estructuras del subsuelo de la Llanura Costera del Caribe deducidas del mapa de Gradiente vertical (Ayala *et al.*, *in press*)

En cualquier caso, la morfología de la Llanura Costera del Caribe, 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, con la consiguiente retirada marina. Aunque dicho ascenso se articula sin la actividad de falla alguna en la mayor parte de la llanura, en su sector

oriental se constata en superficie la existencia de un sistema de fracturación de orientación preferente NO-SE (Fig. 3.2), cuyo origen aún no ha sido convenientemente aclarado. Por una parte, su situación y orientación sugieren su relación con el sistema de fallas responsables de la estructuración y elevación de la Cordillera Oriental. Por otra, no debe descartarse que al menos parte de las fallas de dicho sistema posean carácter distensivo (García-Senz, com. pers.) y su origen esté relacionado con la dinámica de la cresta de La Mona, accidente geodinámico situado entre La Española y Puerto Rico, isla en la que dicha dinámica ha provocado la creación de un sistema de fallas durante el Cuaternario (Mann *et al.*, 2005).

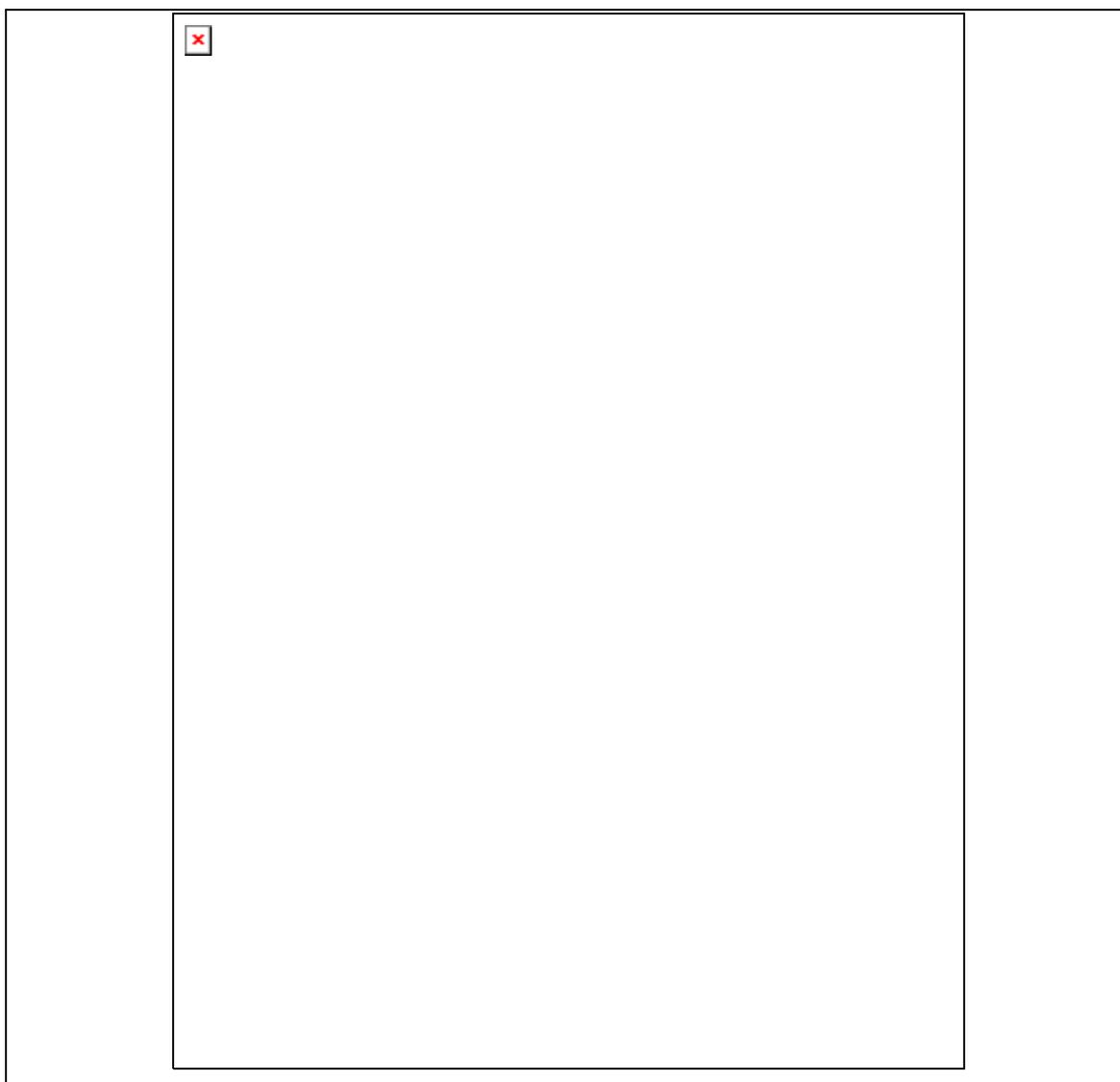


Fig. 3.2. Continuidad de las principales fallas de la Cordillera Oriental por la Llanura Costera del Caribe

3.2. Estructura de la Hoja de Juanillo

Poco puede decirse acerca de la profundidad a la que se encuentra el sustrato cretácico-paleógeno en la Hoja de Juanillo, ante la ausencia de datos relativos a ella en la región. Por otra parte, las distintas cartografías relacionadas con parámetros geofísicos (Fig. 3.1) tan sólo cubren el sector occidental de la Hoja, donde se reconocen estructuras orientadas según NO-SE, a modo de prolongación de las de la Cordillera Oriental.

El principal rasgo tectónico de la Hoja es la presencia de una red de fracturación de orientaciones NNO-SSE, NE-SO, ESE-ONO y E-O. Se trata de una red muy marcada al afectar a los rígidos materiales calizos de las Fms. Los Haitises y La Isabela, sobre los que ha dado lugar a un desnivelamiento de bloques con un reflejo morfológico evidente.

La principal falla es la de Farallón, que con dirección NNO-SSE constituye el límite entre las Fms. La Isabela y Los Haitises (Fig. 3.3). Su carácter rectilíneo y su escaso retoque morfológico indican que se trata de un escarpe de falla, que ha afectado a un paleoacantilado. Esta falla debió prolongarse originalmente hacia el norte a lo largo de varias decenas de kilómetros a través de la falla de El Caracol, de orientación NNO-SSE, habiéndose perdido la continuidad entre ambas en la depresión de Hoyo Claro (Hoja a escala 1:50.000 de Pantanal, 6571-IV), en respuesta a la acción de las fallas de Pantanal y Hoyo Claro. En las inmediaciones del vértice Coyuba, otra falla de orientación NNO-SSE pone límite al afloramiento de la Fm Los Haitises, en tanto que entre ambas fracturas el afloramiento está limitado por una falla de dirección NE-SO que también condiciona la geometría de las plataformas constituidas por la Fm La Isabela.

Aunque las fallas señaladas son las que poseen una mayor incidencia paleogeográfica y morfológica, la familia más numerosa corresponde a un nutrido grupo de fallas de dirección NO-SE y longitud kilométrica que afectan a la Fm Los Haitises. Entre sus efectos se encuentran el desnivelamiento de bloques, con saltos en la vertical superiores a 40 m, y el desarrollo preferente de la disolución kárstica a lo largo de ellas. Por su longitud destaca la falla de La Jarda, de más de 15 km de traza.

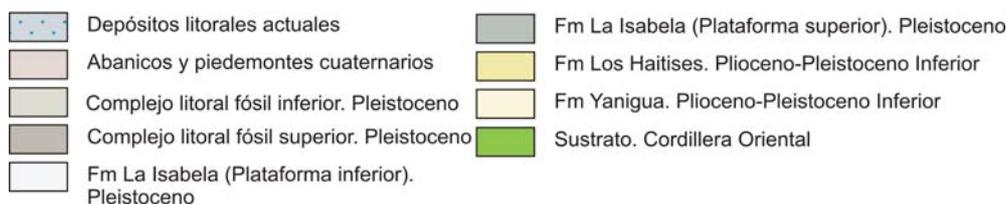
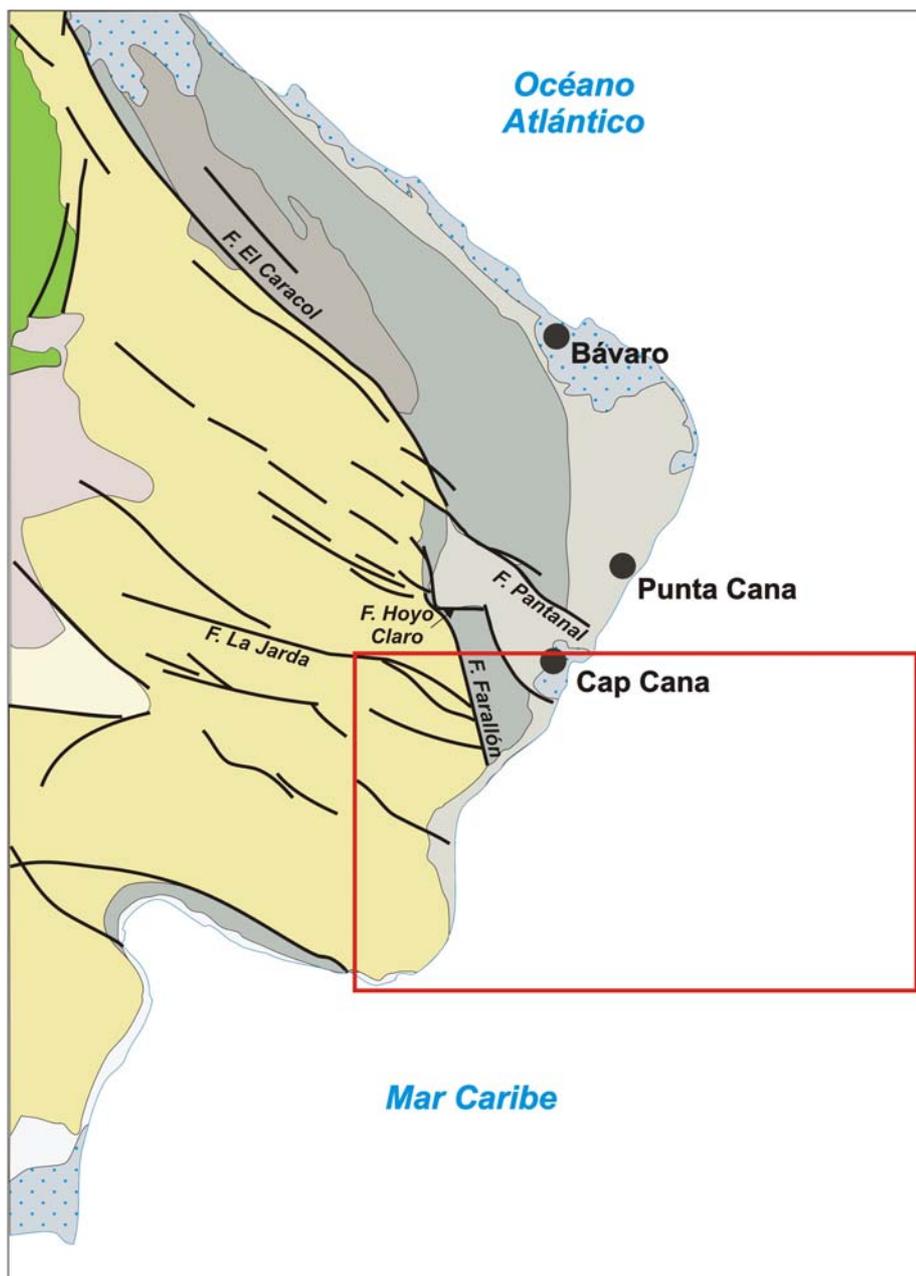


Fig. 3.3. Principales fallas del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe

Mucho menos numerosas son las fallas de dirección E-O, de entre las que destacan las situadas al oeste de Juanillo, que provocan un pequeño hundimiento en el nivel superior de la Fm La Isabela; la más septentrional de ellas podría constituir la continuación de la falla de La Jarda.

Aunque menos evidente que la red de fracturación, también resulta destacable el plegamiento que afecta a la Fm Los Haitises, pues aunque se trata de pliegues de gran radio, difícilmente perceptibles, son los únicos reconocidos en la Llanura Costera del Caribe. Son anticlinales muy laxos, de orientación ESE-ONO a NO-SE, no habiéndose observado sinclinales entre ellos en caso alguno.

Las evidencias de una tectónica hoy día no se restringen a la red de fallas aludida, sino que también se manifiesta por el ascenso de las plataformas carbonatadas plio-pleistocenas, que 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.

Este ascenso se ha producido con tasas de elevación diferentes en cada dominio de la isla. Pese a ello y a los escasos datos cronológicos relativos a los aterrazamientos marinos asociados a las Fms. La Isabela y Los Haitises en la Llanura Costera del Caribe, se pueden establecer al menos pautas generales y tasas de elevación orientativas (Fig. 2.4).

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, lo que implica un levantamiento aproximado de 0,06 mm/año (Braga, 2010). Esta terraza posee una práctica continuidad espacial hasta el sector oriental de la llanura, donde se encuentra a las mismas cotas, pudiendo estimarse, por tanto, tasas de elevación idénticas.

Suponiendo que en el sector de San Pedro-Boca Chica la tasa de elevación se mantuviese para el segundo nivel importante, dispuesto a una cota de +30 m, resultaría una edad cercana a 400 ka. Ya que este nivel alcanza en el sector de Punta Cana (Hoja a escala 1:50.000 de Pantanal, 6571-IV) una cota máxima de +45 m, resulta una tasa de elevación de 0,08 mm/a.

Sea como fuere, 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 (Braga, 2010). En concreto, al oeste de Pantanal, la unidad alcanza altitudes de +100 m. Considerando que el depósito de las calizas concluyó en el Pleistoceno Inferior (781 ka), la tasa de levantamiento sería de 0,13 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 0,03 mm/año.

Por tanto, a lo largo del Cuaternario el sector oriental de la Llanura Costera del Caribe ha estado levantándose con una tasa promedio de 0,03-0,13 mm/a, que en cualquier caso resulta sensiblemente inferior a la experimentada durante este periodo 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 los apartados correspondientes del capítulo de estratigrafía (2.1.1 y 2.1.2).

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

4.1.1. Estudio morfoestructural

El relieve de la zona está condicionado en gran medida por la naturaleza y la disposición de los materiales que la conforman (Fig. 4.1). Así, el techo de los materiales carbonatados plio-pleistocenos de la Fm Los Haitises constituye una superficie dispuesta regionalmente a modo de umbral (Fig. 4.2), cuya vertiente caribeña está configurada por los aterrazamientos esculpidos en los depósitos arrecifales pleistocenos de la Fm La Isabela como consecuencia de la retirada del mar (Fig. 4.3).

Sobre la arquitectura diseñada por los procesos anteriores han actuado con mayor o menor eficacia las morfogénesis marino-litoral, gravitacional, lacustre-endorreica y por meteorización química (kárstica).

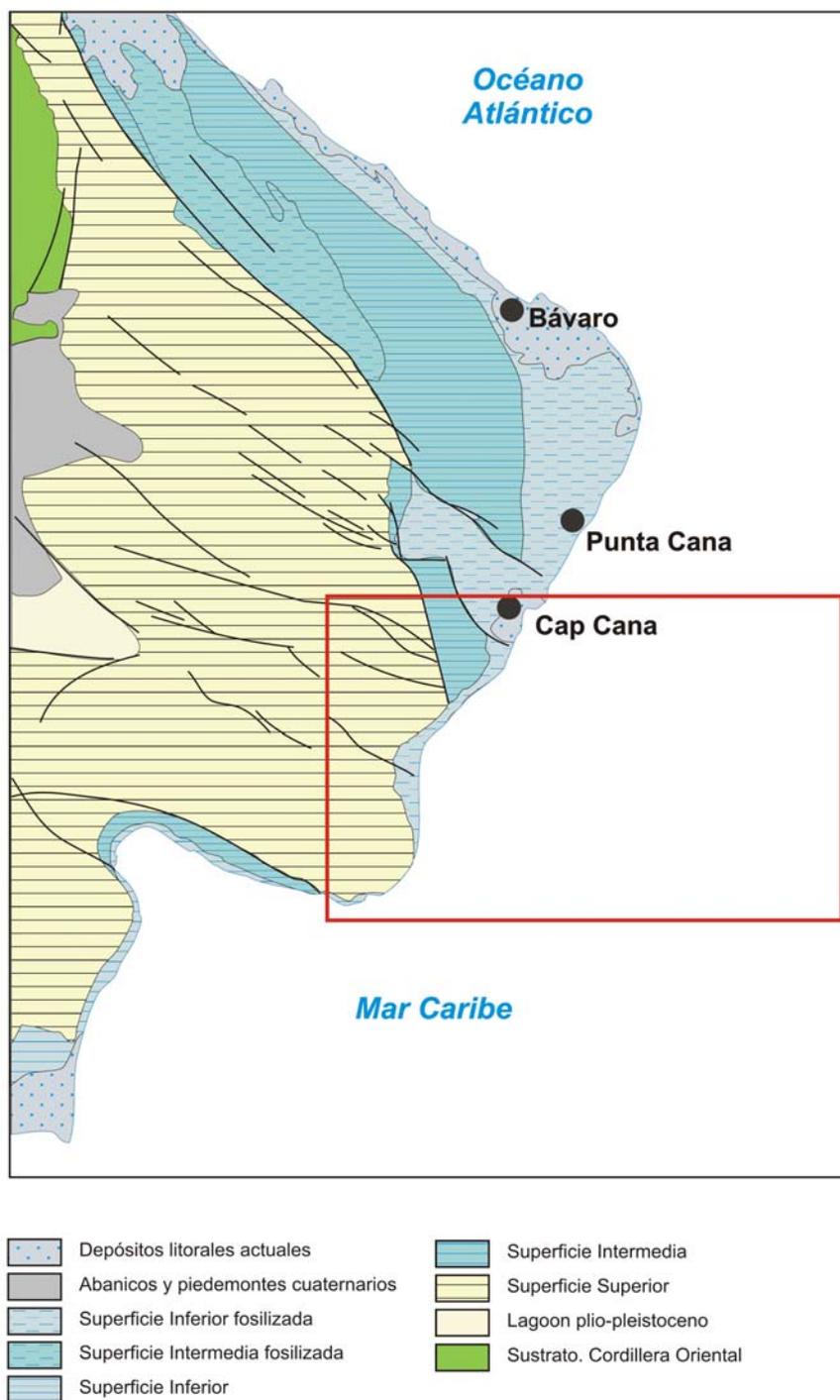


Fig. 4.1. Esquema morfoestructural del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe

4.1.1.1. Formas estructurales

Debido a los escasos contrastes litológicos, las morfologías condicionadas por la distinta resistencia ofrecida por los materiales aflorantes a la erosión, o litoestructurales, son pocas. No obstante, posee una notable extensión la *superficie*

estructural degradada configurada por el techo de la Fm Los Haitises. Se trata de la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe, que en la Hoja alberga algunas de las cotas más elevadas de la llanura, sobrepasando la cota de +100 m. La superficie original se encuentra sensiblemente trastocada por numerosas fallas (Fig. 4.4) y aunque parece evidente su carácter estructural, es probable que también haya sufrido la acción de la morfogénesis marino-litoral durante su formación.

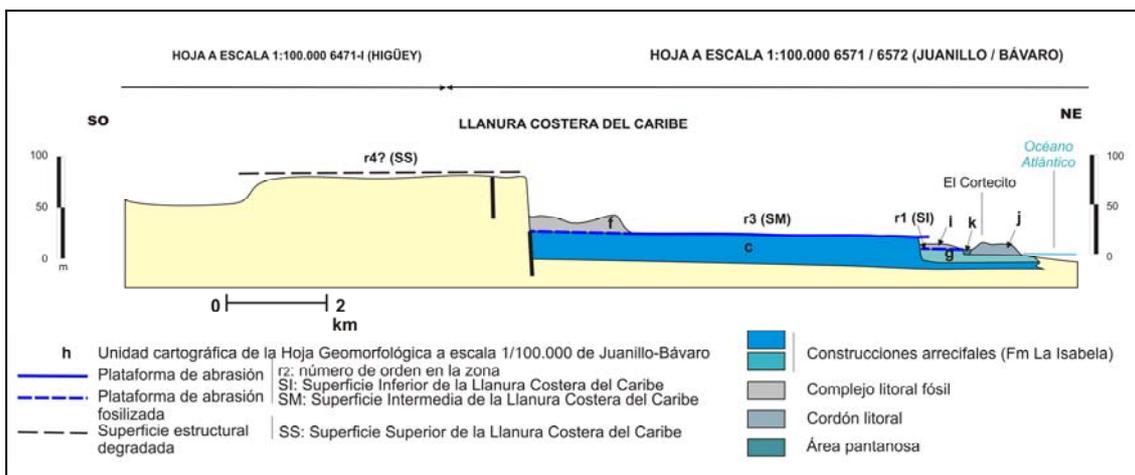


Fig. 4.2. Perfil morfoestructural esquemático del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe

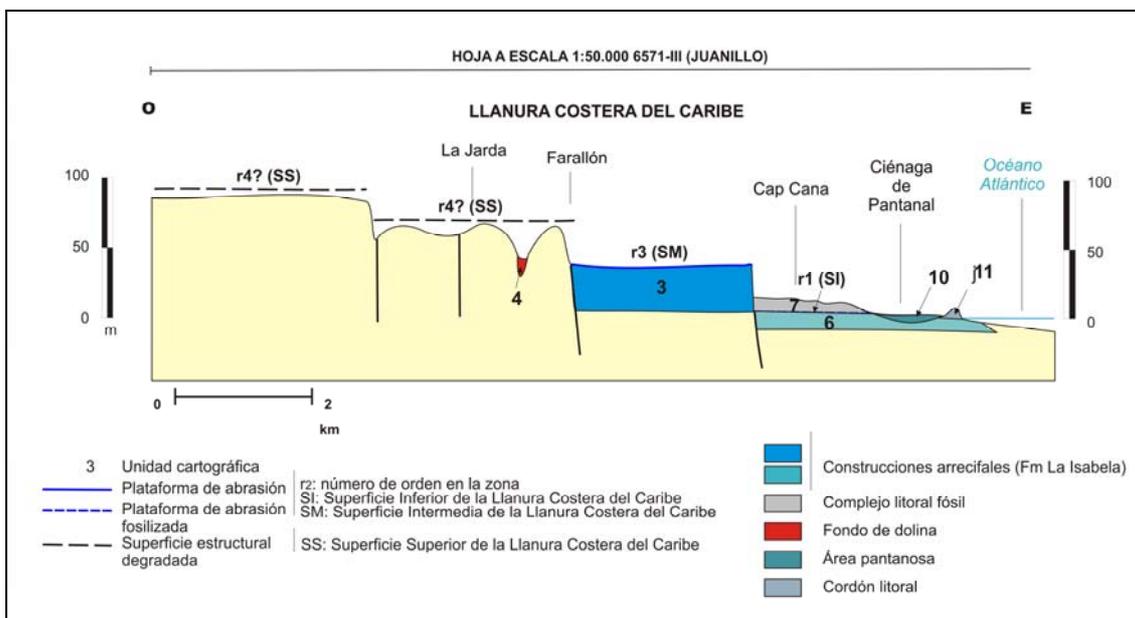


Fig. 4.3. Perfil morfoestructural esquemático de la Hoja de Juanillo (6571-III)

Las formas de origen tectónico son mucho más abundantes y variadas, destacando las *fallas* y *fallas supuestas* con expresión morfológica, siendo su principal reflejo la delimitación de bloques. Poseen direcciones NNO-SSE, NE-SO, ESE-ONO y E-O, afectando a la Fm Los Haitises y, en menor medida, a las dos plataformas superiores de la Fm La Isabela (Fig. 3.3). Por el contrario, la plataforma inferior y los complejos litorales fósiles no están afectados por ellas, sino que las ocultan. En unos casos corresponden a desgarres relacionados con el sistema de fallas de la Cordillera Oriental, pero en otros parecen responder a un régimen distensivo ligado con la dinámica de la cresta de La Mona (García-Senz, com. pers.).

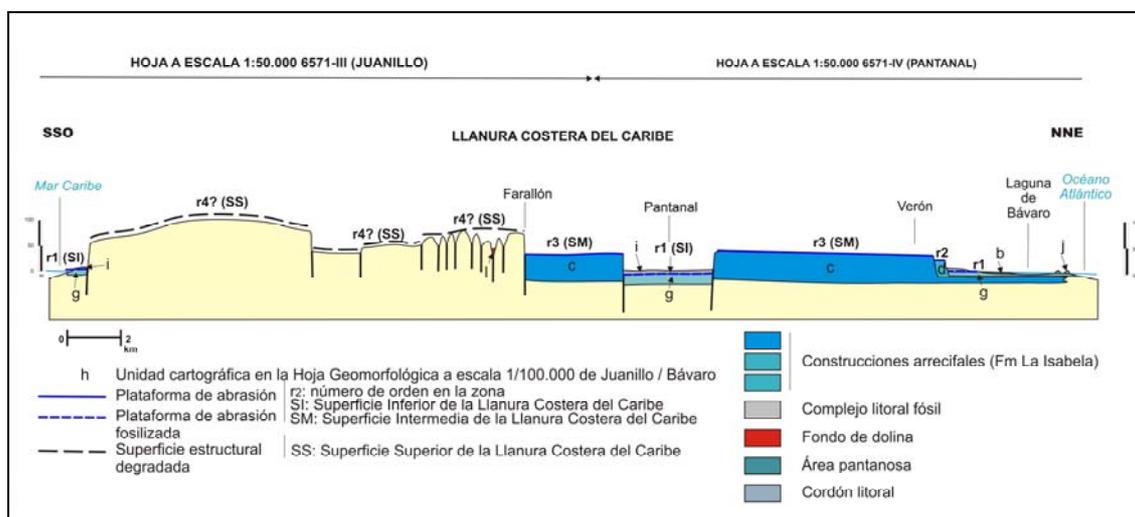


Fig. 4.4. Perfil morfoestructural de las Hojas a escala 1:50.000 de Juanillo (6571-III) y Pantanal (6571-IV)

En algunos casos se preserva el *escarpe de falla*, que alcanza desniveles de más de 80 m, habiendo podido constituir paleoacantilados, como parece ocurrir en el caso de la falla de Farallón, que con dirección NNO-SSE limita las Fms. La Isabela y Los Haitises a lo largo de varios kilómetros. Por su reflejo morfológico también cabe destacar otras fallas que limitan el afloramiento de la Fm Los Haitises, así como la de La Jarda, esta última de dirección ESE-ONO.

4.1.2. Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre la plataforma plio-pleistocena de la Llanura Costera del Caribe es la responsable de la fisonomía observada hoy día. Los procesos marino-litorales son los condicionantes fundamentales de la morfoestructura

escalonada básica, si bien sobre ésta han actuado con mayor o menor efectividad los procesos de origen kárstico, lacustre-endorreico, gravitacional y marino-litoral.

4.1.2.1. Formas gravitacionales

Poseen escasa relevancia debido al predominio de las grandes planicies. Se reducen a *caídas de bloques* a favor del escarpe que limita la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe, tratándose de bloques de grandes dimensiones desprendidos de la cornisa del escarpe, al ser socavada su base por la acción de la meteorización química. Poseen un buen punto de exposición en Farallón.

4.1.2.2. Formas lacustres y endorreicas

Se restringen al *área pantanosa* de la ciénaga de Pantanal, de forma subelíptica y eje superior a 2 km, dispuesta en paralelo a la línea de costa. Se trata de una zona encharcada y colonizada por abundante vegetación, que constituye el vestigio de una antigua laguna costera protegida por el cordón litoral de Capa Cana y que actualmente se encuentra en proceso de colmatación o desecación.

4.1.2.3. Formas marinas-litorales

Determinan la fisonomía del territorio comprendido entre la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe y la línea de costa. Sus elementos más destacados son las *construcciones biogénicas* pertenecientes a la Fm La Isabela, sobre las que se han desarrollado *plataformas de abrasión*, en parte *fosilizadas*, que se disponen escalonada y subbparalelamente al litoral. Se extienden por toda la zona, habiéndose reconocido al menos tres niveles a cotas aproximadas de +6 m (r_1), +16 m (r_2) y +20-45 m (r_3), si bien, como ya se ha señalado, la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe (+100 m), esculpida sobre la Fm Los Haitises, podría constituir la plataforma de abrasión más antigua (r_4 ?).

La tercera terraza configura la Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe y posee una anchura de 3 km en el sector septentrional. La segunda se dispone como una franja estrecha al este de la anterior, encajándose suavemente en ella. Ambas

terrazas se encuentran afectadas por la red de fracturación, de forma que su continuidad superficial se pierde al sur de La Piedra Sola.

Por lo que respecta a la primera terraza, representada en toda la zona, constituye la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe, reconociéndose pese a quedar oculta por el Complejo litoral fósil inferior, dispuesto sobre ella a modo de tapiz. A diferencia de las terrazas anteriores, no se encuentra trastocada por la red de fracturación, sino que su depósito se ha adaptado a los bloques creados por ella previamente.

Las plataformas están delimitadas por *acantilados fósiles*, que aparecen como escarpes de características variables. Los paleoacantilados relacionados con las dos plataformas superiores (r_2 y r_3), poseen en general desniveles menores de 10 m y su nivel de degradación hace que no aparezcan verticalizados. Los escarpes que limitan los afloramientos de la Fm Los Haitises también parecen haber actuado como paleoacantilados, con frecuencia con desnivel superior a 40 m, pudiendo sobrepasar incluso 80 m, con evidente influencia de la tectónica. Por lo que respecta a los *acantilados* actuales, poseen una altura cercana a 6 m.

Sobre la plataforma de abrasión inferior (r_1) se ha conservado un *complejo litoral de playas y dunas* que oculta prácticamente la plataforma subyacente y posee una pobre expresión morfológica, apareciendo como una inmensa planicie de la que esporádicamente sobresalen dunas de altura de orden métrico.

El elemento más característico de la costa actual en el sector septentrional es el *cordón litoral* de Capa Cana, de 2 km de longitud, dispuesto en paralelo a la costa. Presenta el típico aspecto de sucesiones de dunas, habiéndose desarrollado a lo largo de su frente una *playa arenosa*; también se han desarrollado pequeñas playas en los caletones intercalados en la costa acantilada. El cordón posee una anchura de hasta varios cientos de metros, habiéndose reconocido otro de menor entidad al sur de Punta Pez.

También constituye un elemento característico del litoral la *marisma baja* que orla la ciénaga de Pantanal. Es una zona afectada por las mareas diarias, coincidente con el *manglar*.

4.1.2.4. Formas originadas por meteorización química

Poseen una notable representación por toda la zona debido a la extensión alcanzada por las Fms. Los Haitises y La Isabela. Sus afloramientos constituyen un *campo de laplaces desnudo*, quedando *cubierto* en las zonas de afloramiento del complejo litoral fósil de playas y dunas. El mayor desarrollo de la karstificación se encuentra ligado a los afloramientos de la Fm Los Haitises, que pueden considerarse un *área con intensa karstificación*, siendo su máxima expresión el *campo de dolinas* existente en el sector meridional y que evoca una incipiente región de Los Haitises. Las *dolinas* son las formas más características, superando 1,5 km de eje mayor en algunos casos.

Existen evidencias de un notable desarrollo endokárstico, como la pérdida total del drenaje superficial. Su manifestación más evidente son las numerosas *cuevas* observables en el escarpe que limita los afloramientos de la Fm Los Haitises, especialmente en el paraje de La Piedra Sola; también existe constancia del desarrollo de diversas formas endokársticas como estalactitas y estalagmitas, visibles igualmente en dicho escarpe y en Farallón.

4.2. Evolución e historia geomorfológica

Si bien la morfología de la zona está influenciada por los procesos acaecidos a lo largo de la historia de la Cordillera Oriental, su fisonomía actual empieza a perfilarse durante el Plioceno. En dicho periodo, la Llanura Costera del Caribe estaría ocupada por una plataforma carbonatada situada al sur de la incipiente cordillera, consistente en 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 básicamente por la tendencia ascendente de dicha plataforma a lo largo del Cuaternario (Fig. 4.5).

La característica básica de la plataforma pliocena (Fig. 4.5a) es la presencia de una barrera arrecifal (Fm Los Haitises) de orientación E-O, arqueada hacia el norte en el sector oriental, que protegía un amplio *lagoon* (Fm Yanigua), receptor de descargas terrígenas procedentes de la incipiente Cordillera Oriental.

La continuidad de la tendencia ascendente de La Española evidenciada desde épocas precedentes, provocó la elevación de la plataforma durante el Pleistoceno Inferior. Debido al perfil de la plataforma, la barrera arrecifal se configuró como un umbral que

se interponía entre el mar Caribe y un mar interior o una gran laguna costera. El consiguiente retroceso de la línea de costa iría acompañado de la migración de la plataforma arrecifal (Fm La Isabela), mucho más estrecha que la precedente, probablemente a partir del Pleistoceno Medio (Fig. 4.5b).

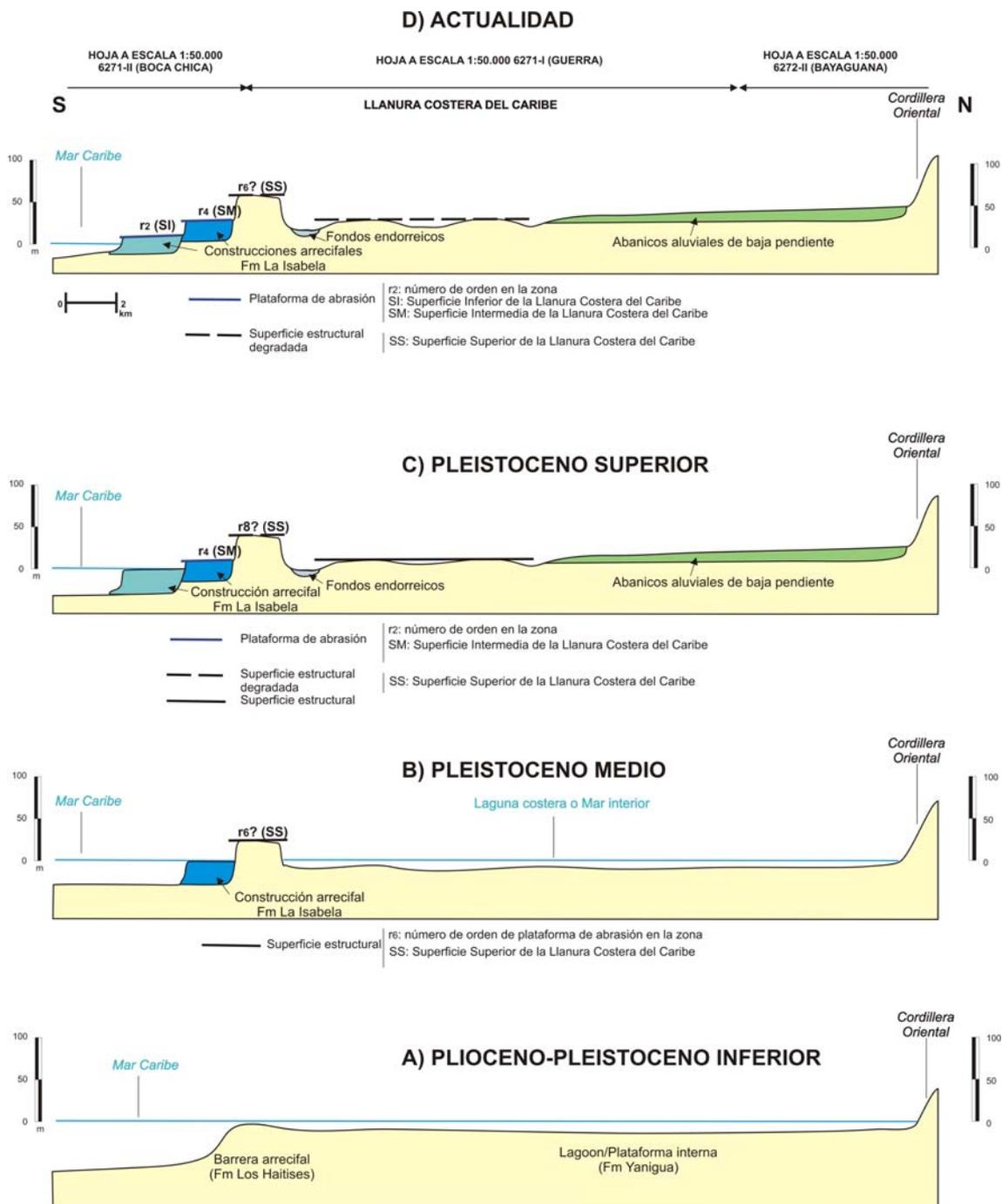


Fig. 4.5. Evolución del perfil de la Llanura Costera del Caribe durante el Plioceno-Pleistoceno

En el Pleistoceno Superior, el antiguo *lagoon* se encontraría totalmente emergido, configurándose como una gran zona endorreica. Simultáneamente, la migración arrecifal hacia el sur y el este produjo el depósito de nuevas construcciones dispuestas escalonadamente. En el extremo oriental de la Llanura Costera del Caribe, la emersión de las plataformas correspondientes a la Fm La Isabela dio paso al desarrollo de extensos complejos litorales de playas y sistemas de dunas. Hacia el interior, la tendencia ascendente de la Cordillera Oriental tuvo como consecuencia la formación de abanicos y piedemontes que tapizarían parcialmente la zona endorreica (Fig. 4.5c).

Probablemente a finales del Pleistoceno Superior, se produjo la pérdida del carácter endorreico del antiguo *lagoon* en la mayor parte de la llanura, como consecuencia de la erosión remontante de alguno de los cursos que verterían a la zona endorreica (río Ozama) y de la creación de fallas que favorecieron el encajamiento fluvial en la antigua barrera arrecifal (río Yuma). Este paso exorreico iría acompañado de una eficiente incisión lineal, con creación de una densa red de tipo dendrítico en las principales cuencas actuales, si bien algunas zonas han mantenido su carácter endorreico hasta la actualidad (Fig. 4.5d). En el sector oriental, el desarrollo kárstico ha imposibilitado el desarrollo de cursos fluviales al este del río Yuma.

La evolución holocena no parece haber modificado la tendencia previa, con una enérgica incisión de las zonas más elevadas del antiguo *lagoon* y una importante actividad sedimentaria en las llanuras aluviales de los principales ríos. En la pretérita barrera arrecifal, la principal actividad ha sido de tipo kárstico. Por lo que respecta a los acantilados del litoral caribeño, han estado sometidos a procesos erosivos, a diferencia de la costa atlántica, donde la actividad deposicional ha dado lugar a un extenso cordón litoral a cuyo resguardo se han desarrollado lagunas, marismas y áreas pantanosas.

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

4.3. Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico

Se denomina procesos activos a aquellos fenómenos de origen endógeno o exógeno, potencialmente funcionales sobre la superficie terrestre y cuyo principal interés es que bajo determinadas circunstancias son susceptibles de constituir riesgo geológico. Su cartografía supone, por tanto, un inventario de procesos geológicos funcionales, siendo preciso recordar el carácter generalmente imprevisible de buena parte de los fenómenos naturales, tanto en zonas muy activas como en zonas de baja actividad geodinámica.

Los datos reflejados en la cartografía son el resultado de un reconocimiento general realizado mediante la interpretación de fotografías aéreas y la realización de recorridos de campo, por lo cual se trata de una estimación preliminar y orientativa de los principales procesos geodinámicos activos del territorio. Consiguientemente, la información aportada tanto en el mapa como en la presente memoria no exime de la necesidad legal de realizar los estudios pertinentes en cada futuro proyecto ni debe ser utilizada directamente para la valoración económica de terrenos o propiedades de cualquier clase. Igualmente, ha de tenerse presente que a la escala de trabajo carecen de representación algunos fenómenos claramente perceptibles sobre el terreno.

Dentro de la Hoja de Juanillo se observa una escasa variedad en cuanto a la naturaleza de los procesos activos, al menos al ser comparada con otras zonas de La Española. No obstante, se han reconocido diversos tipos de actividad: sísmica, tectónica, asociada a movimientos de laderas, por procesos de erosión, de inundación y de sedimentación, y asociada a litologías especiales.

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 pocos y no pueden considerarse definitivos.

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

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

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

La Hoja de Juanillo pone de manifiesto la necesidad de abordar los estudios sísmicos en relación con áreas de un orden de magnitud superior, ya que la distribución de epicentros en ella no muestra el seguimiento de un patrón claro. Sin embargo, en una representación de escala regional se evidencia cómo dichos epicentros forman parte de un dominio con importante actividad sísmica delimitado por la fosa de Los Muertos, al sur, y el límite entre las placas Norteamericana y del Caribe, al norte (Fig. 4.6).

En cualquier caso, los seísmos registrados en la Hoja son casi exclusivamente profundos (119-183 km), con algún acontecimiento de carácter intermedio (25 km), siendo 4,0 la magnitud del mayor evento catalogado (1991). Cabe destacar que algunos seísmos de la sucesión desencadenada entre 1946 y 1953 en el sector nororiental de La Española (Fig. 4.7) se produjeron en las proximidades de la zona, relacionándose con el proceso de subducción de la placa Norteamericana bajo la Caribeña (Dolan y Wald, 1998).

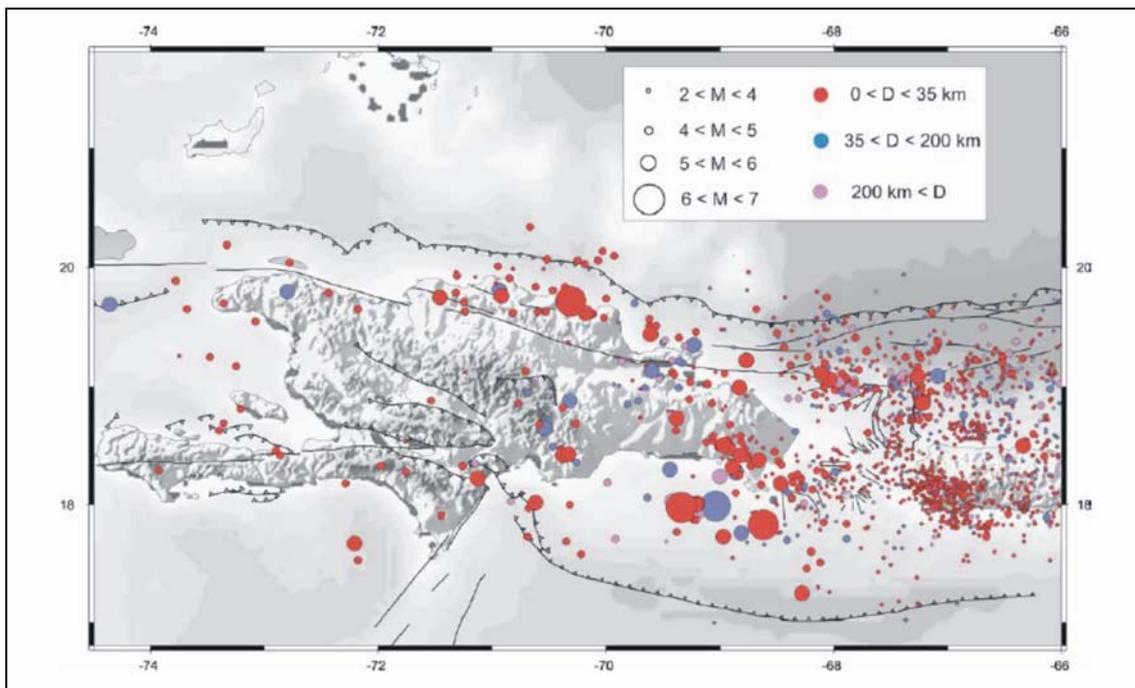


Fig. 4.6. Sismicidad instrumental de La Española (1972-2002). Catálogo NEIC-USGS (Calais, 2008)

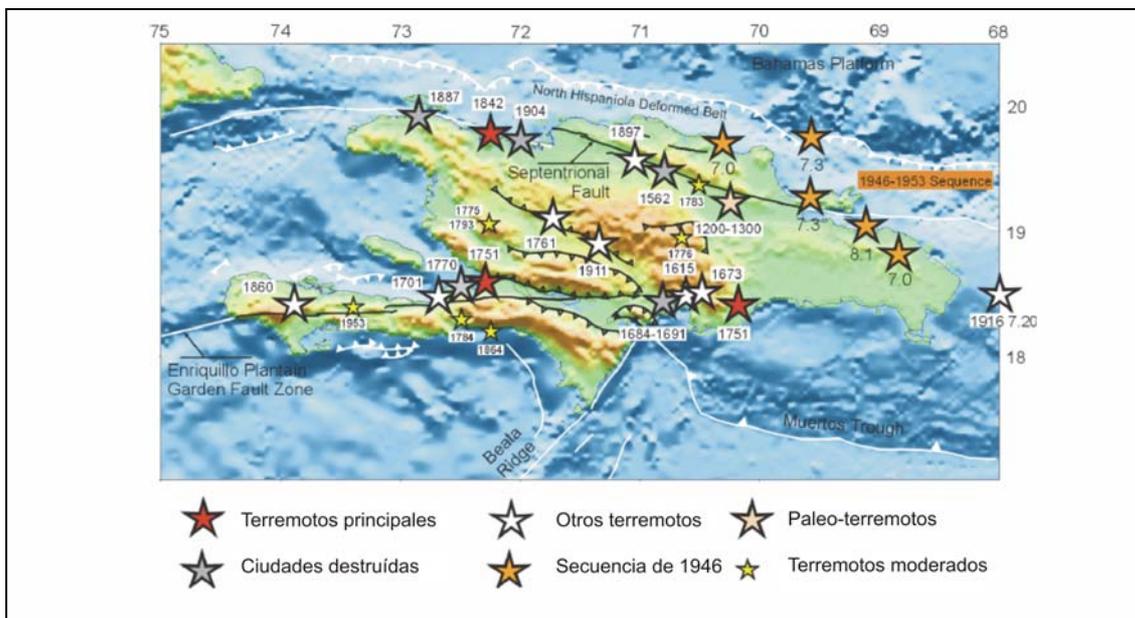


Fig. 4.7. Sismicidad histórica en La Española anterior a 1960 (Calais, 2008)

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 serios daños a miles de kilómetros de las fallas detonantes. Una vez generados, son prácticamente imperceptibles en el mar abierto, donde la altura de su superficie es inferior a un metro. Viajan a velocidades muy grandes, de hasta 900 km/h, y la distancia entre dos crestas de ola consecutivas puede alcanzar 500 km. A medida que las olas se acercan a aguas poco profundas, la velocidad del tsunami disminuye y su energía se transforma en un aumento de la altura de la ola, que a veces supera 25 m; el intervalo de tiempo entre olas sucesivas permanece sin cambios, siendo generalmente de 20 a 40 minutos. Cuando los tsunamis se aproximan a la línea de costa, el mar suele retraerse a niveles inferiores a los de la marea baja, creciendo luego como una ola gigante.

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

Las costas haitianas y dominicanas han sido afectadas por tsunamis en diversas ocasiones, por lo que el ámbito del litoral de la Llanura Costera del 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.

4.3.2. Tectónica activa

La actividad tectónica de la Llanura del Caribe es evidente, como pone de manifiesto su acusada tendencia ascendente durante el Cuaternario, cuya principal consecuencia son las diversas terrazas marinas de la franja costera. En el sector oriental de la Llanura, en el que se encuentra localizada la Hoja, la actividad es más patente debido

al conjunto de *fallas*, en algunos casos *supuestas*, que afectan a los materiales de las Fms. Los Haitises y La Isabela, siendo más perceptibles cuando conservan su *escarpe*. También denuncia este tipo de actividad la sucesión de anticlinales desarrollados en la Fm Los Haitises. No obstante, pese a las evidencias de una importante actividad sísmica en la región, cabe destacar que el conjunto de fallas señalado y probablemente relacionado, al menos parcialmente, con la dinámica de la cresta de La Mona, no afecta al nivel inferior de la Fm La Isabela ni a los depósitos posteriores a él.

Pese a la precariedad de los datos cronológicos referidos a los materiales plio-cuaternarios de la región, es posible efectuar algunas aproximaciones relativas a la tasa de elevación (Braga, 2010) del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe (Fig. 2.4), tal como se señala en el apartado 3.2. De acuerdo con las edades y cotas de los diferentes niveles de terrazas marinas, se obtiene una tasa de 0,06 mm/año para el nivel inferior de la Fm La Isabela y de 0,08 mm/año, para el superior. Igualmente, y de forma más imprecisa, las estimaciones realizadas para la Fm Los Haitises indican una tasa de 0,03-0,13 mm/año, en el mismo orden de magnitud que la establecida para la Fm La Isabela, pero sensiblemente inferior a la experimentada por estas formaciones en otros lugares de La Española, especialmente en la Cordillera Septentrional.

4.3.3. Actividad asociada a movimientos de laderas

Se trata de una actividad restringida a *caídas de bloques* de orden métrico a decamétrico en los paleoacantilados y escarpes de falla que limitan las plataformas marinas plio-cuaternarias.

4.3.4. Actividad asociada a procesos de erosión

Ante la ausencia de escorrentía superficial, la actividad erosiva se restringe a los modestos *acantilados* esculpidos en la Fm La Isabela en la mayor parte del litoral. Su mayor eficacia se produce por el socavamiento de la base del acantilado y la posterior caída de su cornisa, al perder la estabilidad gravitatoria. Este tipo de procesos se produce también en los paleoacantilados, si bien en este caso en la cartografía se han representado como caídas de bloques.

4.3.5. Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación

Es la actividad que se produce por una mayor variedad de procesos, además de ser la que tiene una mayor incidencia sobre la población. Su origen está relacionado con la actividad lacustre-endorreica, la dinámica marino-litoral y, en general, con cualquier tipo de proceso generador de áreas deprimidas susceptibles de ser inundadas o de recibir aportes sedimentarios.

El régimen pluviométrico de la región hace que el *área pantanosa* de la ciénaga de Pantanal aparezca como un área inundable. También se encuentran ligadas a la dinámica litoral actual la *marisma baja* que orla la ciénaga, las *playas* y los *cordones litorales*. En relación con procesos de inundación en la franja costera, no deben olvidarse los potenciales efectos que podría ocasionar la ocurrencia de un tsunami, ni los más frecuentes debidos a la llegada de tormentas tropicales y huracanes; en este sentido, en la cartografía se ha representado el límite del *área especialmente sensible a la acción de huracanes*, que ocupa la franja litoral.

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

4.3.6. Actividad asociada a litologías especiales

Su expresión más evidente se produce en relación con los afloramientos calcáreos de las Fms. Los Haitises y La Isabela, en los que la actividad kárstica se manifiesta por la presencia de un *lapiaz desnudo*, excepto en el caso del nivel inferior de ésta, en que el lapiaz se encuentra *cubierto* por el complejo litoral fósil. También se manifiesta mediante las *depresiones por disolución* correspondientes a dolinas.

En relación con la Fm Los Haitises, se han diferenciado dos *áreas con depresiones por disolución sin representación cartográfica individualizada*. También cabe considerar como tal la franja del litoral constituida por acantilados, en la que se observan esporádicos procesos de colapso por disolución de las calizas de la Fm La Isabela, si bien esta franja no ha podido representarse cartográficamente por razones de escala. De forma más genérica, es preciso tener en cuenta los potenciales

procesos de colapso que podría generarse como consecuencia del desarrollo endokárstico, originando en su caso dolinas en superficie.

5. HISTORIA GEOLÓGICA

Las rocas aflorantes en la Hoja de Juanillo 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 ligados 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 acontecido durante el Mesozoico y el Paleógeno es preciso acudir al ámbito de la Cordillera Oriental. Por ello, poco puede decirse de lo ocurrido 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 a comienzos del Neógeno y que continúa en la actualidad. Bajo este régimen geodinámico, la isla de La Española se estructuró en una serie de unidades de diversa procedencia, 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 sur y al este de una incipiente 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, arqueada hacia el norte en su sector oriental (Fm Los Haitises), que protegía un amplio *lagoon* (Fm Yanigua) al que llegaban descargas terrígenas procedentes de los incipientes relieves septentrionales (Fig. 5.1a). La tendencia ascendente de La Española debida a la convergencia entre placas prosiguió durante el Pleistoceno Inferior, provocando la elevación de la plataforma.

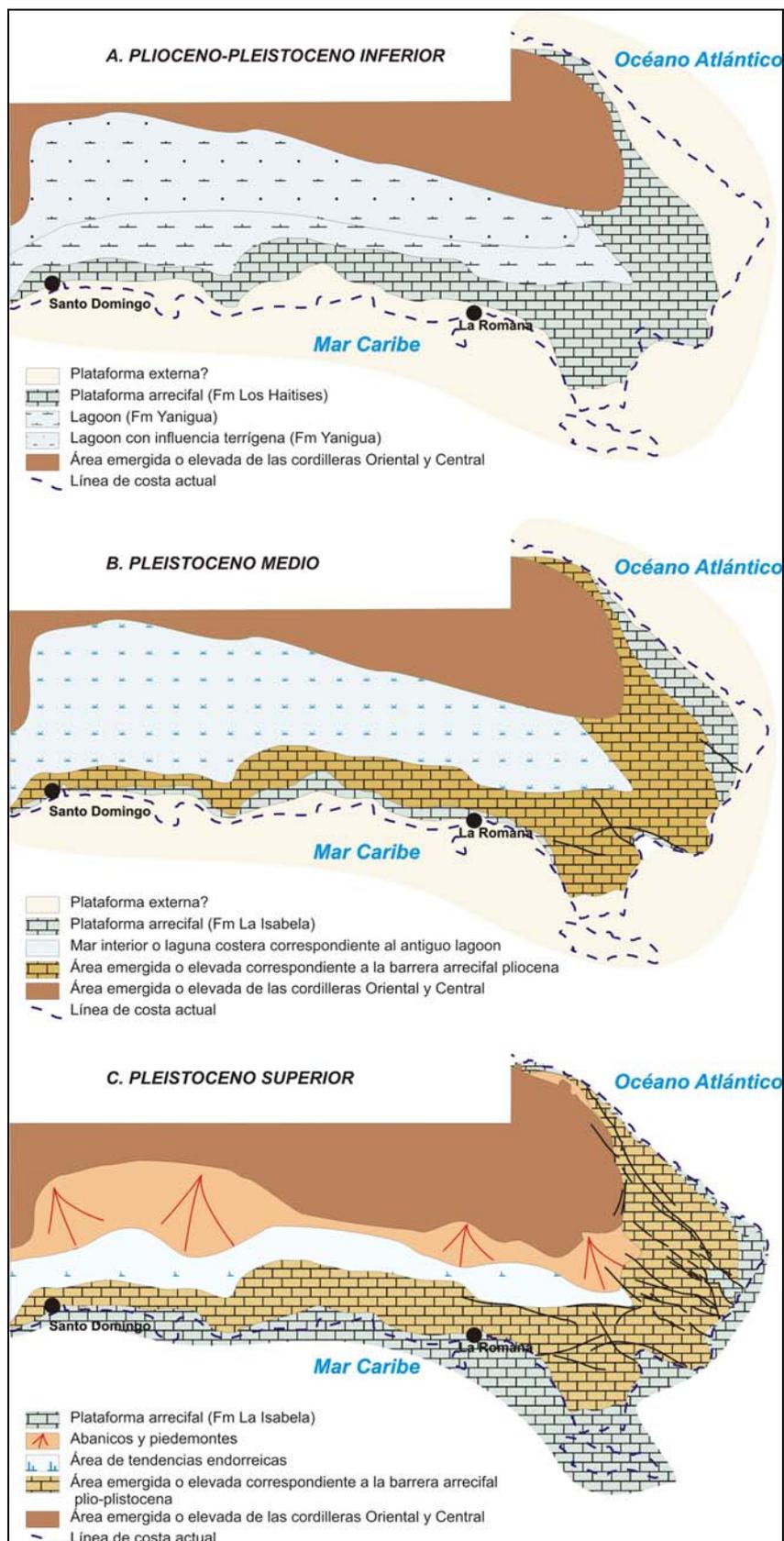


Fig. 5.1. Evolución paleogeográfica de la Llanura Costera del Caribe durante el Plioceno-Pleistoceno

La barrera arrecifal se erigió en un umbral que separaba el mar Caribe de un mar interior o una gran laguna costera; el retroceso de la línea de costa fue acompañado de la migración de los edificios arrecifales (Fm La Isabela), cuyo primer depósito acontecería probablemente en el Pleistoceno Medio (Fig. 5.1b).

En el Pleistoceno Superior, el antiguo *lagoon* se encontraría totalmente emergido, configurándose como una gran zona endorreica. La tendencia ascendente de la Cordillera Oriental tuvo como consecuencia la formación de abanicos y piedemontes que tapizarían el sector septentrional del antiguo *lagoon* (Fig. 5.1c). El continuo retroceso marino hacia el sur y el este, propició el desarrollo de las construcciones arrecifales más recientes de la Llanura Costera del Caribe, en cuyo extremo oriental la emersión de las plataformas correspondientes a la Fm La Isabela dio paso al desarrollo de extensos complejos litorales de playas y sistemas de dunas.

Probablemente, a finales del Pleistoceno Superior se produjo la captura de la cuenca endorreica, tanto por la acción remontante de algunos de los pequeños cursos que vertían a su sector meridional (río Ozama), como por la creación de nuevas vías de desagüe a favor de fallas de reciente creación (río Yuma). Este paso exorreico iría acompañado de una eficiente incisión lineal, en las zonas de sustrato margoso, con creación de una densa red de tipo dendrítico en las principales cuencas actuales, si bien algunas zonas han mantenido su carácter endorreico hasta la actualidad. En el sector oriental, la acción kárstica ha imposibilitado el desarrollo de cursos fluviales al este del río Yuma.

La evolución holocena no ha modificado la tendencia previa, con una enérgica incisión de las zonas más elevadas del antiguo *lagoon* y una importante actividad sedimentaria en las llanuras aluviales de los principales ríos. Por otra parte, los acantilados del litoral caribeño han estado sometidos a procesos erosivos, a diferencia del litoral atlántico, donde la actividad deposicional ha dado lugar a un extenso cordón litoral a cuyo resguardo se han desarrollado lagunas, marismas y áreas pantanosas.

6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

6.1. Hidrogeología

6.1.1. Climatología e hidrología

El territorio ocupado por la Hoja de Juanillo está afectado por un típico clima tropical, con temperaturas anuales medias que varían entre 26 y 27°C, medias máximas de 29-30°C y medias mínimas de 23-24°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 900-1.100 mm, con valores máximos de 1.500-1.600 mm y mínimos de 600-700 mm, si bien 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 Fms. 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, localmente son posibles los encharcamientos e inundaciones rápidos.

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 alberga, 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 y, localmente, fisuración.

- *Formaciones porosas*, que constituyen *acuíferos de permeabilidad alta, pero de productividad limitada* debido a sus dimensiones. Corresponden a arenas y calcarenitas de origen litoral: playas, cordones dunares y marismas.
- *Formaciones de baja permeabilidad y sin acuíferos significativos*. Se trata de los depósitos lutíticos de fondos kársticos y áreas pantanosas.

EDAD	UNIDAD O AGRUPACIÓN HIDROGEOLOGICA	UNIDADES CARTOGRAFICAS	LITOLOGÍAS	GRADO/TIPO DE PERMEABILIDAD	TIPOS DE ACUÍFEROS Y OBSERVACIONES
PLEISTOCENO-HOLOCENO	Depósitos litorales	9, 11, 12	Arenas y arenas y lutitas	Alta por porosidad intergranular	Acuíferos libres de productividad limitada
	Depósitos kársticos y áreas pantanosas	4, 10	Lutitas	Baja	Sin acuíferos significativos
	Complejo litoral fósil	7, 8	Calcarenitas	Alta por porosidad intergranular	Acuíferos libres extensos
	Fm La Isabela	3, 5, 6	Calizas arrecifales	Muy alta por porosidad intergranular, karstificación y fisuración	Acuífero libre extenso que descarga al mar
PLIOCENO-PLEISTOCENO	Fm Los Haitises	1, 2	Calizas arrecifales	Muy alta por karstificación y fisuración	Acuífero libre extenso de elevada productividad que pueden alimentar a algunos acuíferos cuaternarios

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

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 elevadas precipitaciones se traduce en escorrentía subterránea, con aportes al mar, recargas lagunares y aprovechamientos para actividades humanas urbanas, al tratarse de una zona de notable desarrollo turístico.

El Complejo litoral fósil también permite una eficaz infiltración del agua de lluvia y debido a su alta permeabilidad, su percolación hasta el acuífero subyacente, constituido por la Fm La Isabela, de forma que ambos actúan como un acuífero único.

Los datos piezométricos de la región, con isopiezas decrecientes hacia el litoral, confirman el drenaje al mar Caribe (Fig. 6.2), encontrándose el nivel piezométrico de toda la Hoja a una cota inferior a +5 m sobre el nivel del mar (Acuater, 2000).

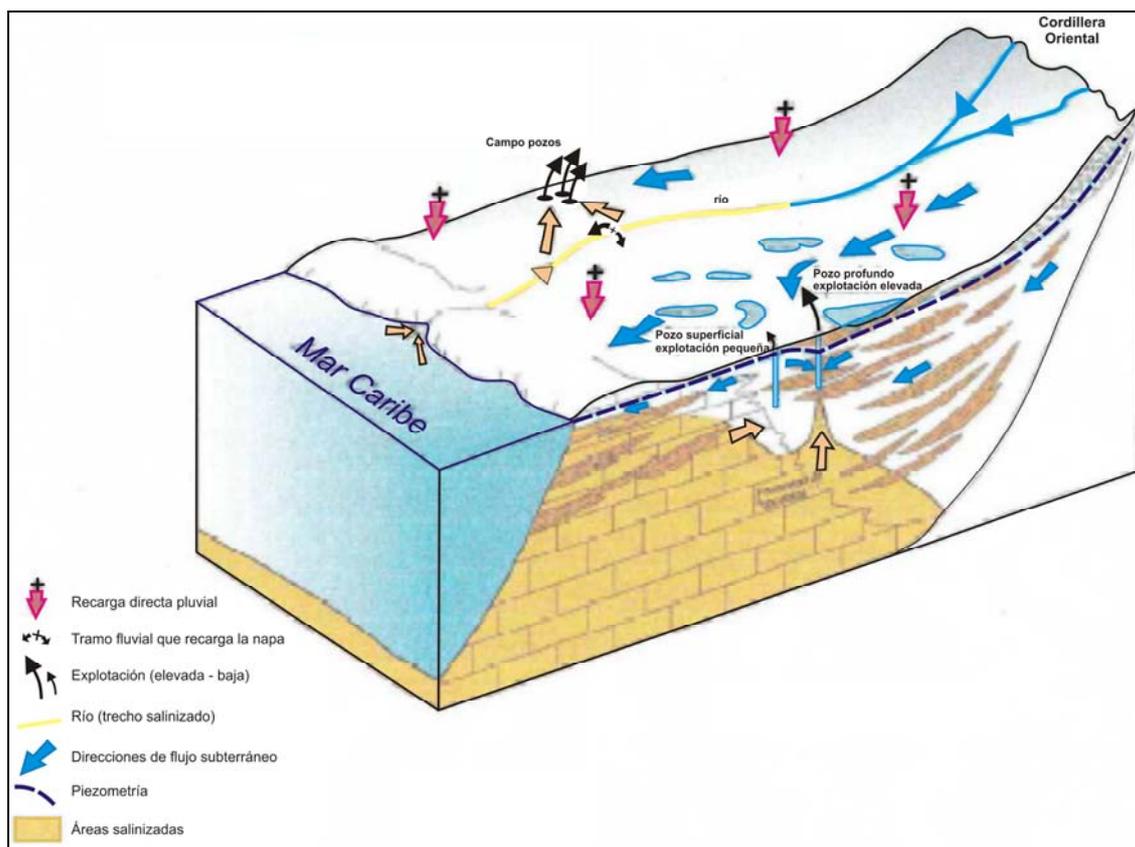


Fig. 6.2. Esquema hidrogeológico de la Llanura Costera del Caribe (Acuater, 2000)

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 Juanillo corresponden exclusivamente al grupo de las rocas Industriales (Fig. 6.3).

6.2.1. Rocas Industriales

La actividad extractiva se limita a un reducido número de explotaciones situadas en el gran complejo turístico de Capa Cana, correspondiendo a canteras cuyo producto es aprovechado en obras y construcciones de distinto tipo. El material beneficiado se encamina, por una parte, a la extracción de áridos naturales y de machaqueo, relacionados con la ejecución de obras, tanto en lo que se refiere a construcción como a reparación y mantenimiento, y por otra, a la extracción de bloques de carácter ornamental relacionados con edificaciones de la infraestructura turística.

NÚMERO	COORDENADAS		FORMACIÓN	SUSTANCIA	ACTIVIDAD	TAMAÑO	USO
	X	Y					
1	05 54.653	20 44.106	Los Haitises	Caliza	Activa	Mediana	Arm
2	05 56.187	20 44.054	Los Haitises	Caliza	Activa	Grande	Arm
3	05 61.735	20 43.875	La Isabela	Caliza	Abandonada	Mediana	Clz
4	05 61.612	20 44.275	Complejo litoral fósil	Calcarenita	Activa	Grande	Ari

Ari: áridos naturales
 Arm: áridos de machaqueo
 Clz: calizas ornamentales

Fig. 6.3. Cuadro-resumen de indicios de la Hoja de Juanillo

6.2.1.1. Descripción de las Sustancias

En la actualidad se encuentran activas dos canteras de caliza, en el paraje de La Jarda, que aprovechan los materiales de la Fm Los Haitises, y otra de calcarenitas del Complejo litoral fósil, al oeste de la ciénaga de Pantanal. La única cantera ubicada sobre las calizas arrecifales de la Fm La Isabela, se encuentra abandonada. El espesor del Complejo litoral fósil es muy variable, pero en todo caso inferior a 10 m. Por lo que respecta a la Fm La Isabela, se desconoce su espesor, pero se deducen valores superiores a dicha cifra. Por lo que respecta a la Fm Los Haitises, su espesor supera 80 m.

Todas las canteras se encuentran comunicadas mediante grandes pistas. Debido a la fisonomía de la zona, su impacto visual es bajo.

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 y edificaciones en general, tanto en lo que se refiere a construcción, como a reparación y mantenimiento. Los litotectos existentes poseen grandes reservas y son susceptibles de aprovechamiento futuro, pero en cualquier caso, la demanda dependerá directamente del dinamismo del sector de la construcción, especialmente en lo relacionado con la actividad turística y consecuentemente, con el campo de las 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 Juanillo (6571-IV) se ha inventariado un Lugar de Interés Geológico: el Escarpe de Farallón (Fig. 7.1). Refleja diversos aspectos característicos de la fisonomía de la zona, el más destacado el pronunciado escalonamiento que separa las Fms. Los Haitises y La Isabela, que refleja el retroceso de las plataformas arrecifales de la Llanura Costera del Caribe a lo largo del Cuaternario.

7.2. Descripción del Lugar

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

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



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

- LIG nº 1. Escarpe de Farallón

Se trata de un punto con una panorámica única de la franja costera del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe, así como del escarpe de origen marino-tectónico que limita la Superficie Superior de la Llanura Costera. Su contenido principal es de tipo geomorfológico; por su utilización, posee interés científico y turístico, y su ámbito de utilización es regional.

Los taludes de la carretera de acceso al lugar muestran una sucesión de una decena de metros de calizas de apariencia masiva o mal estratificada, correspondientes a la Fm Los Haitises (Plioceno-Pleistoceno Inferior). Muestran una intensa karstificación, con desarrollo de estalactitas junto al talud. La karstificación se pone de manifiesto igualmente en la zona más alta, correspondiente a la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe, por la existencia de hundimientos del terreno debidos a colapsos.

Tanto hacia el norte como hacia el sur, se observa la prolongación del escarpe que limita el afloramiento de la Fm Los Haitises, con un desnivel de varias decenas de metros. Su trazado rectilíneo y el hecho de que “se estrellen” contra él las diversas terrazas marinas correspondientes a la Fm La Isabela (Pleistoceno), sugiere que se trata de un escarpe de falla; no obstante, parece bastante probable que en algún momento haya podido constituir un acantilado.

Junto al punto también son visibles las caídas de grandes bloques, de escala incluso decamétrica, de la cornisa del escarpe; las caídas están provocadas por el socavamiento de la parte baja del escarpe debida a meteorización química (karstificación).

8. BIBLIOGRAFÍA

ACUATER (2000). Mapa Hidrogeológico Nacional. Planicie Costera Oriental, mapa nº 9/1/3 Escala 1:50 000. Programa SYSMIN, Proyecto J. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

AYALA, C., GARCÍA-LOBÓN, J.L., ESCUDER-VIRUETE, J., REY-MORAL, C., PÉREZ-ESTAÚN, A., PADÍN-DEBÉN, A. (in press). High resolution magnetic, regional gravity and petrophysical characterization of the Central Cordillera (Dominican Republic). *Geologica Acta* (2010).

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.

BOURDON, L. (1985). La Cordillère Orientale Dominicaine (Hispaniola, Grandes Antilles); Un arc insulaire Cretacé polystructure. Tesis Doctoral. Universidad Pierre y Marie Curie, París, 203 pp.

BOWIN, C. (1960). Geology of central Dominican Republic. Tesis Doctoral. Universidad de Princeton, Nueva Jersey, 211 pp.

BRAGA, J.C. (2010). Informe sobre las Formaciones Arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto 1B. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo, 73 pp.

BROUWER, S.B., BROUWER, P.A. (1982). Geología de la región ambarífera oriental de la Republica Dominicana. 9ª Conferencia Geológica del Caribe, Santo Domingo, Republica Dominicana. *Memorias*, 1, 303-322.

CGG (COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE) (1999). Informe final sobre la prospección magnética y radiométrica aereoportada del territorio de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto E. Servicio Geológico Nacional. Santo Domingo.

- DE LA FUENTE, S. (1976).** Geografía Dominicana. Ed. Colegial Quisqueyana S.A., Instituto Americano del Libro y Santiago de la Fuente sj; Santo Domingo, 272 pp.
- DE ZOETEN, R. (1988).** Structure and stratigraphy of the central Cordillera Septentrional, Dominican Republic. Tesis Doctoral, Universidad de Texas, Austin, 299 pp.
- DÍAZ DE NEIRA, J.A., HERNÁIZ HUERTA, P.P. (2004).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 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.
- DÍAZ DEL OLMO, F., CÁMARA, R. (2003).** Karst tropical de colinas, tipología y evolución en el plio-cuaternario en República Dominicana. XI Reunión nacional de Cuaternario. Oviedo, 123-128.
- DIRECCIÓN GENERAL DE MINERÍA (DGM), 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.
- DOLAN, J.F., WALD, D.J. (1998).** The 1943-1953 north-central Caribbean earthquakes: Active tectonic setting, seismic hazards and implications for Caribbean-North America plate motions. En: DOLAN, J.F., MANN, P. (Eds.). Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Geological Society of America Special Paper, 326, 143-169.
- DONNELLY, T.W., BEETS, D., CARR, M.J., JACKSON, T., KLAVER, G., LEWIS, J., MAURY, R., SCHELLENKENS, H., SMITH, A.L., WADGE, G., WESTERCAMP, D. (1990).** History and tectonic setting of Caribbean magmatism. En: DENGO, G., CASE, J. (Eds.). The Caribbean Region. Vol. H. The Geology of North America. Geological Society of America, 339-374.

- 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 n° 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. 9ª Conferencia Geológica del Caribe (Santo Domingo, 1980), 2, 689-703.
- 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.
- MANN, P., PRENTICE, C., HYPPOLITE, J.C., GRINDLAY, N., ABRAMS, L., LAO-DÁVILA, D. (2005).** Reconnaissance study of Late Quaternary faulting along Cerro Goden fault zone, Western Puerto Rico. En: MANN, P. (Ed). Active tectonics and seismic hazards of Puerto Rico, the Virgin Islands, and Offshore Areas. Geological Society of America Special Paper, 385, 115-160.
- MARCANO, E., TAVARES, I. (1982).** Formación La Isabela, Pleistoceno temprano. Publicaciones especiales Museo Nacional de Historia Natural, 3, Santo Domingo, 30 pp.

- MERCIER DE LEPINAY, B. (1987).** L'évolution géologique de la bordure Nord-Caraïbe: L'exemple de la transversale de l'île d'Hispaniola (Grandes Antilles). Tesis Doctoral, Universidad Pierre y Marie Curie, 378 pp. (Inédito).
- NAGLE, F. (1966).** Geology of the Puerto Plata area, Dominican Republic. Tesis Doctoral. Universidad de Princeton, Nueva Jersey, 171 pp. (Inédito).
- PÉREZ-ESTAÚN, A., HERNAIZ, P.P., LOPERA, E., JOUBERT, M., Eds. (2007).** Geología de la República Dominicana. Boletín Geológico y Minero, IGME, 118-2, 155-413.
- PÉREZ-ESTAÚN, A., TAVARES, I., GARCÍA CORTÉS, A., HERNAIZ, P.P., Eds. (2002).** Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. Acta Geologica Hispanica, 37, 77-80.
- 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. 9ª 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 República 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 Reconnaissance 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.