



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

REPÚBLICA DOMINICANA

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

**ESCALA 1:100.000**

**JUANILLO / BÁVARO**

**(6571/6572)**

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

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

habiendoparticipado los siguientes técnicos y especialistas:

#### CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

#### CARTOGRAFÍA DE PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

#### REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

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

- Dr. Ángel Martín-Serrano (IGME)

#### SEDIMENTOLOGÍA Y LEVANTAMIENTOS DE COLUMNAS

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

#### TELEDETECCIÓN

- Ing. Juan Carlos Gumiel (IGME)

#### DIRECTOR DEL PROYECTO

- Ing. Eusebio Lopera (IGME)

#### SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE LA UNIÓN EUROPEA

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

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

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

#### SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DEL Servicio Geológico Nacional (SGN)

- Ing. Santiago Muñoz

- Ing. María Calzadilla
- Ing. Jesús Rodríguez

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

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	6
1.1. Metodología .....	6
1.2. Situación geográfica .....	9
1.3. Marco geológico.....	11
1.4. Antecedentes .....	12
2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA.....	14
3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO .....	18
3.1. Estudio morfoestructural.....	18
3.1.1. Formas estructurales .....	18
3.2. Estudio del modelado .....	21
3.2.1. Formas gravitacionales .....	22
3.2.2. Formas lacustres y endorreicas .....	22
3.2.3. Formas marinas-litorales.....	22
3.2.4. Formas originadas por meteorización química .....	26
4. FORMACIONES SUPERFICIALES.....	29
4.1. Formaciones lacustres-endorreicas.....	29
4.1.1. Lutitas. Lagunas (a). Holoceno .....	29
4.1.2. Lutitas. Áreas pantanosas (b). Holoceno .....	29
4.2. Formaciones marinas-litorales.....	29
4.2.1. Calizas arrecifales. Construcciones biogénicas (c, d, g). Pleistoceno Medio-Superior .....	29
4.2.2. Calcarenitas. Complejo litoral de playas y dunas. (f, i). Dunas del Complejo litoral (e, h). Pleistoceno Medio-Superior .....	33
4.2.3. Arenas. Cordón litoral (j). Holoceno .....	36
4.2.4. Lutitas y arenas con vegetación abundante. Marismas bajas (k). Holoceno .....	36
4.3. Formaciones originadas por meteorización química.....	37
4.3.1. Arcillas de descalcificación. Fondos de dolina, uvala o poljé (l). Pleistoceno-Holoceno.....	37
5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA .....	39
6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO.....	43
6.1. Actividad sísmica .....	43
6.1.1. Tsunamis.....	46

6.2.	Tectónica activa .....	46
6.3.	Actividad asociada a movimientos de laderas .....	48
6.4.	Actividad asociada a procesos de erosión.....	48
6.5.	Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación .....	48
6.6.	Actividad asociada a litologías especiales.....	49
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	51

## 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 24 Hojas Geomorfológicas y otras tantas de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico, a escala 1:100.000, correspondientes a los siguientes cuadrantes a dicha escala (Fig. 1.1):

#### Zona Norte:

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

#### Zona Sureste:

- La Granchorra (6470)

- Santo Domingo (6271)
- San Pedro de Macorís (6371)
- La Romana (6471)
- Juanillo (6571)
- Las Lisas (6472)
- Bávaro (6572)

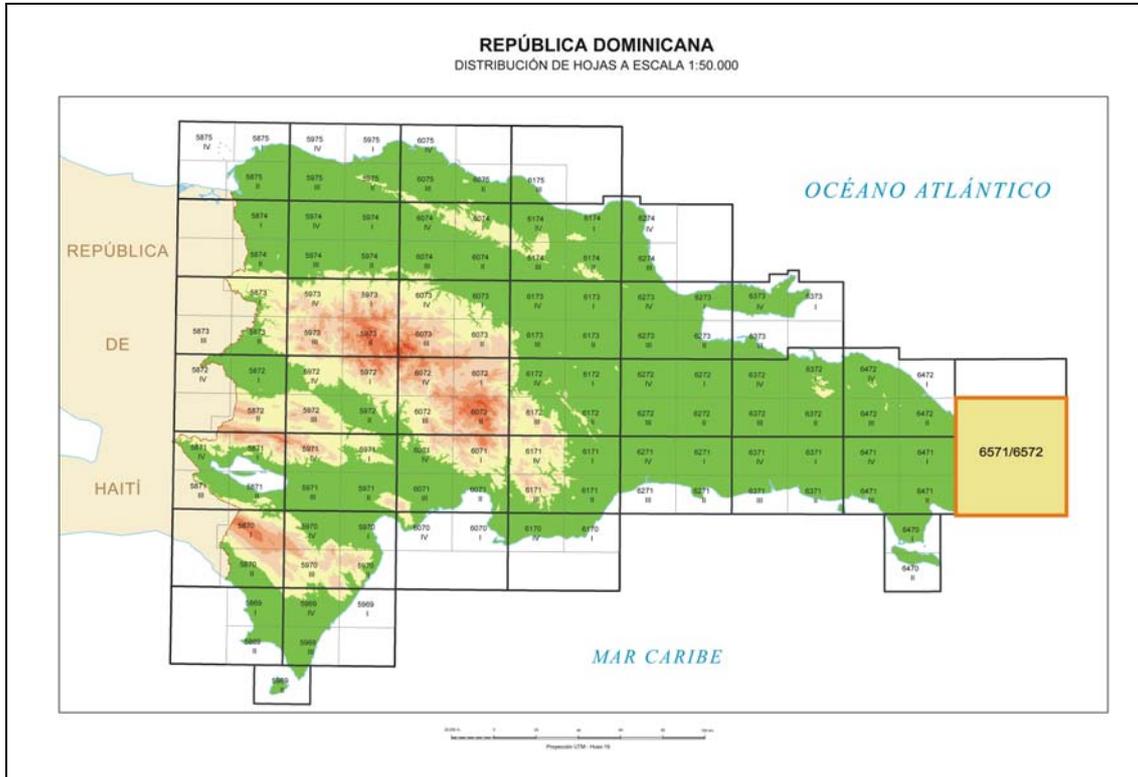


Fig.1.1. Distribución de Hojas a escala 1:100.000 de la República Dominicana y situación de la Hoja a escala 1:100.000 de Juanillo/Bávaro (6571/6572)

Zona Sur:

- Sabana Buey (6070)
- Baní (6170)

Zona Suroeste:

- Isla Beata (5868)
- Cabo Rojo (5869)
- Enriquillo (5969)
- Pedernales (5870)
- Barahona (5970)

Ya que cada Hoja forma parte de un contexto geológico más amplio, la ejecución de cada una de ellas se ha enriquecido mediante la información aportada por las de su entorno.

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

Los trabajos se efectuaron de acuerdo con la normativa del Programa Nacional de Cartas Geológicas a escala 1:50.000 y Temáticas a escala 1:100.000 de la República Dominicana, elaborada por el Instituto Tecnológico y Geominero de España y el Servicio Geológico Nacional (SGN) de la República Dominicana. Esta normativa, inspirada en el Modelo del Mapa Geológico Nacional de España a escala 1:50.000, 2ª serie (MAGNA), fue adaptada durante el desarrollo de los Proyectos K y L a la Guía para la elaboración del Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50.000 (IGME, 2004) que incluye la correspondiente al Mapa de Procesos Activos, si bien en el presente trabajo se han adoptado ligeras modificaciones en función de la diferente escala de trabajo y de la cantidad de información existente.

La presente Memoria tiene carácter explicativo de los Mapas Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico del cuadrante de Juanillo/Bávaro (6571/6572). Tras la presente introducción, en la que se abordan brevemente la metodología seguida, la ubicación de la Hoja en los contextos regionales geográfico y geológico, y los antecedentes más relevantes, se detallan los siguientes aspectos:

- Descripción fisiográfica, en la que se señalan los rasgos físicos más destacables, como los accidentes geográficos (sierras, ríos, llanuras...), los parámetros climáticos generales y los principales rasgos socioeconómicos.

- Análisis morfológico, en el que se trata el relieve desde un punto de vista puramente estático, entendiendo como tal la relación y explicación de las distintas formas de aquél, agrupadas en función del agente responsable de su origen (estructural, gravitacional, fluvial...), incidiendo en su geometría, tamaño y génesis.
- Estudio de las formaciones superficiales, es decir, de las formas acompañadas de depósitos, haciendo hincapié en su litología, espesor y cronología, agrupadas igualmente en función de su agente responsable.
- Evolución e historia geomorfológica, contemplando el desarrollo del relieve en función del tiempo, tratando de explicar su génesis y evolución.
- Procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico, resultado de la potencial funcionalidad de diversos fenómenos geodinámicos, la mayoría testimoniados por diversas formas de la superficie terrestre.

Por otra parte, las memorias de las Hojas Geológicas a escala 1:50.000 que constituyen el cuadrante a escala 1:100.000 de Juanillo/Bávaro (Juanillo, 6571-III; Pantanal, 6571-IV; Bávaro, 6572-III), incluyen la mayor parte de la información contenida en el presente texto, distribuida entre sus capítulos correspondientes a Introducción (Descripción fisiográfica), Estratigrafía (Formaciones superficiales) y Geomorfolología (Análisis morfológico, Evolución e historia geomorfológica y Procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico).

## **1.2. Situación geográfica**

La Hoja a escala 1:100.000 de Juanillo/Bávaro (6571/6572) se encuentra situada en el extremo oriental de la República Dominicana, estando bañada por mar Caribe y el océano Atlántico, cuyo límite se ha establecido en Cabo Engaño. Pertenece a la provincia de La Altagracia, formando parte de la Llanura Costera del Caribe, uno de los principales dominios morfoestructurales de La Española (Fig. 1.2) y alberga uno de los principales complejos turísticos del país, integrado por Bávaro, Punta Cana y Cap Cana.

La Llanura Costera del Caribe es la más destacada de las llanuras costeras de la República Dominicana, tanto por sus dimensiones como por albergar varios de sus principales núcleos de población, como Santo Domingo, La Romana y San Pedro de

Macorís. Se extiende con dirección E-O al sur y al este de la Cordillera Oriental, manifestándose como una extraordinaria planicie tan sólo trastocada por moderados escalonamientos y esporádicos, pero importantes, cursos fluviales (Fig. 1.3). A pesar de ello, se trata de una región con drenajes deficientes, especialmente en su franja costera, donde predominan las pérdidas de drenaje superficial.

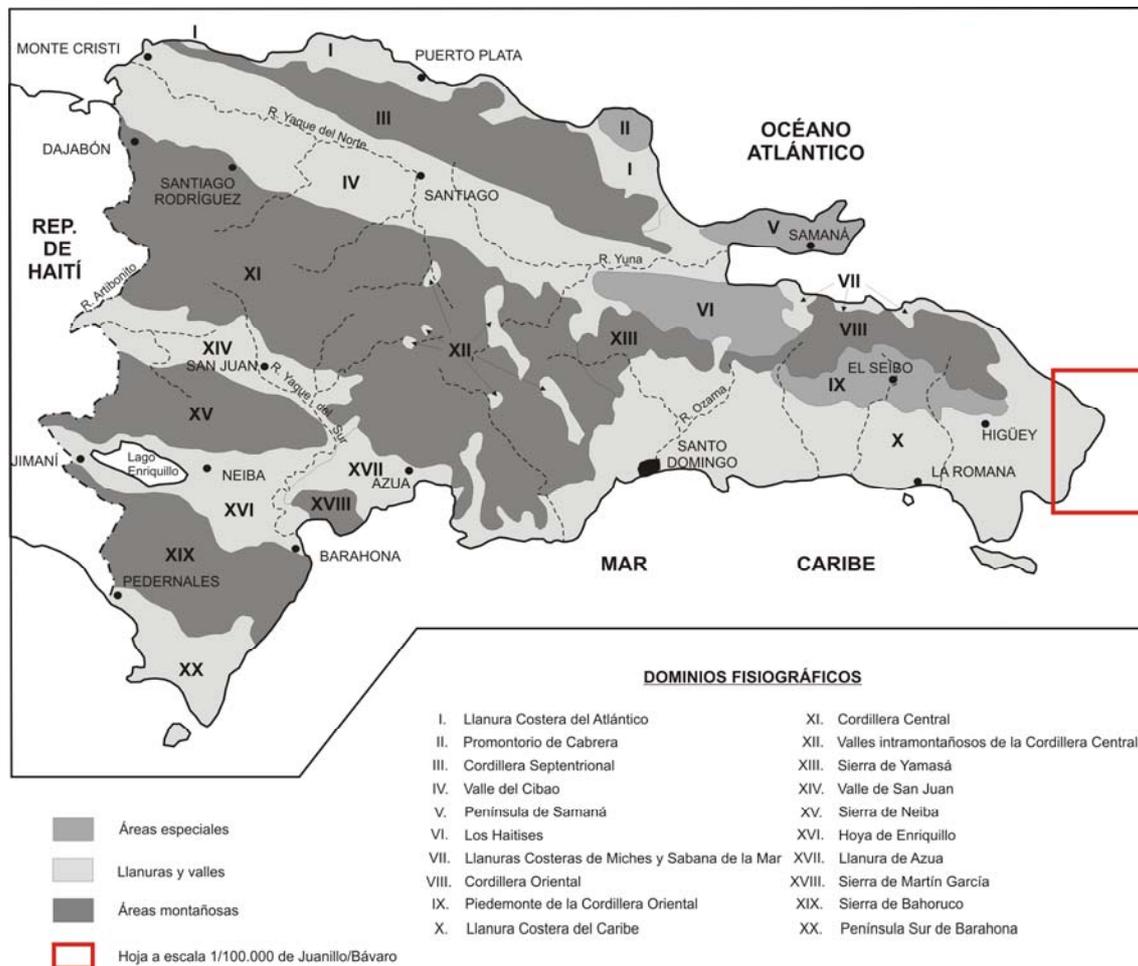


Fig.1.2. Dominios fisiográficos de la República Dominicana y situación de la Hoja a escala 1:100.000 de Juanillo/Bávaro (De la Fuente, 1976, modificado)

La presente Hoja se sitúa en su sector oriental, donde la llanura se configura a grandes rasgos como una sucesión de tres superficies o plataformas principales, escalonadas de este a oeste, que alcanzan una altitud máxima de 130 m al oeste de Pantanal. En detalle, se observan variaciones de este esquema general, siendo las más evidentes la depresión de Hoyo Claro, que interrumpe la plataforma intermedia, y el considerable adelgazamiento de las dos plataformas inferiores en el sector meridional, de forma que la plataforma superior “se asoma” de forma abrupta al mar Caribe.

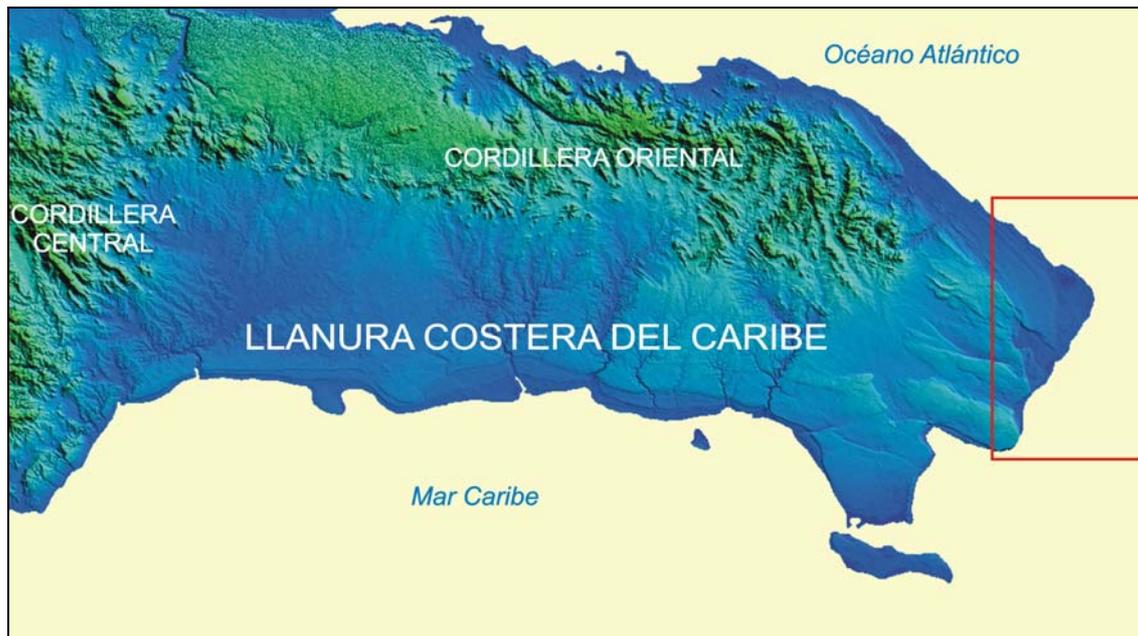


Fig.1.3. Modelo digital del terreno de la Llanura Costera del Caribe

El litoral posee un carácter predominante de costa baja, especialmente en el sector septentrional, constituido por playas y manglares. En el sector meridional adquieren una mayor relevancia los acantilados, si bien no suelen sobrepasar 6 m de desnivel.

### 1.3. Marco geológico

La estructura geológica de la Llanura Costera del Caribe (Fig. 1.4) es fiel reflejo de dos factores principales: el dispositivo paleogeográfico de la región durante el Plioceno y la tendencia ascendente de La Española a lo largo del Cuaternario.

A finales del Terciario, la Cordillera Oriental se habría estructurado conforme al patrón reconocido hoy en día, si bien aún no habría adquirido su envergadura actual, constituyendo a comienzos del Plioceno un pequeño archipiélago (Díaz de Neira *et al.*, 2007). Al sur, la Llanura Costera del Caribe constituía una plataforma carbonatada en la que un sistema de construcciones arrecifales (Fm Los Haitises), protegía un *lagoon* (Fm Yanigua) que eventualmente recibía descargas terrígenas procedentes de la incipiente cordillera. La emersión de la plataforma a comienzos del Cuaternario provocó el retroceso y el consiguiente escalonamiento de las construcciones arrecifales (Fm La Isabela), así como su fosilización en el sector oriental por complejos litorales de playas y dunas.

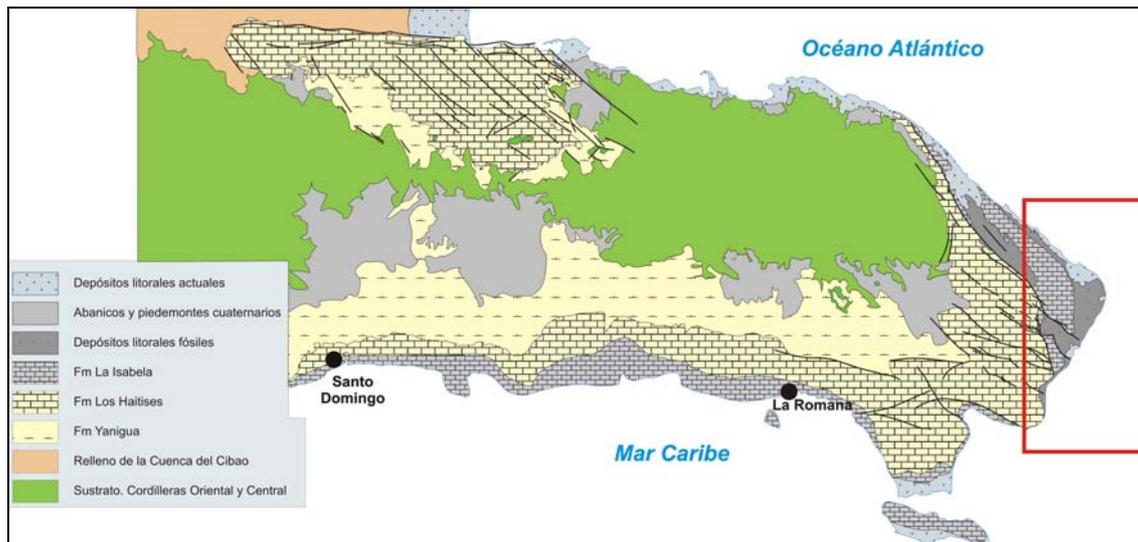


Fig.1.4. Situación de la Hoja a escala 1:100.000 de Juanillo/Bávaro en el contexto geológico del sector oriental de la República Dominicana

Por tanto, el ascenso y la emersión de la plataforma plio-pleistocena, el retroceso de los complejos arrecifales hasta su posición actual y el desarrollo de sistemas de playas y dunas tras la emersión de aquéllos, son los condicionantes fundamentales de la morfoestructura general de la Hoja.

Sobre la morfoestructura heredada de las plataformas plio-pleistocenas han actuado los procesos externos, con mayor o menor intensidad según las zonas. Así, en la franja costera ha adquirido un desarrollo notable la morfogénesis marino-litoral, en tanto que hacia el interior ha predominado la meteorización química de tipo kárstico; por lo que respecta a la dinámica lacustre-endorreica, se ha desarrollado tanto en el interior como en la franja costera.

#### 1.4. Antecedentes

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

Entre los trabajos pioneros destaca el reconocimiento geológico de la República Dominicana de Vaughan *et al.* (1921). La ingente cantidad de documentación aportada por Obiols y Perdomo (1966), con motivo de la elaboración de un atlas para la planificación del desarrollo integral de la República Dominicana, supuso la creación de

una cartografía temática completa; dentro de ella, Guerra Peña realiza una división en provincias fisiográficas, incluyéndose la Hoja en la Llanura Costera Oriental.

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

Entre éstos, Lewis (1980) y Lewis y Draper (1990) consideran que la región se encuentra incluida en su Península Oriental, en tanto que desde un punto de vista geodinámico, Mann *et al.* (1991) proponen su pertenencia al terreno de El Seibo.

Desde un punto de vista metodológico, cabe destacar las diversas Hojas geomorfológicas y de procesos activos a escala 1:100.000 realizadas durante los proyectos K y L del Programa SYSMIN (2004), si bien todas ellas se encuentran algo alejadas del territorio de la presente Hoja.

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

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

## 2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La fisiografía de la Hoja a escala 1:100.000 de Juanillo/Bávaro (6571/6572) está determinada por su pertenencia a la Llanura Costera del Caribe (Fig. 2.1), 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: 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. 1.3).

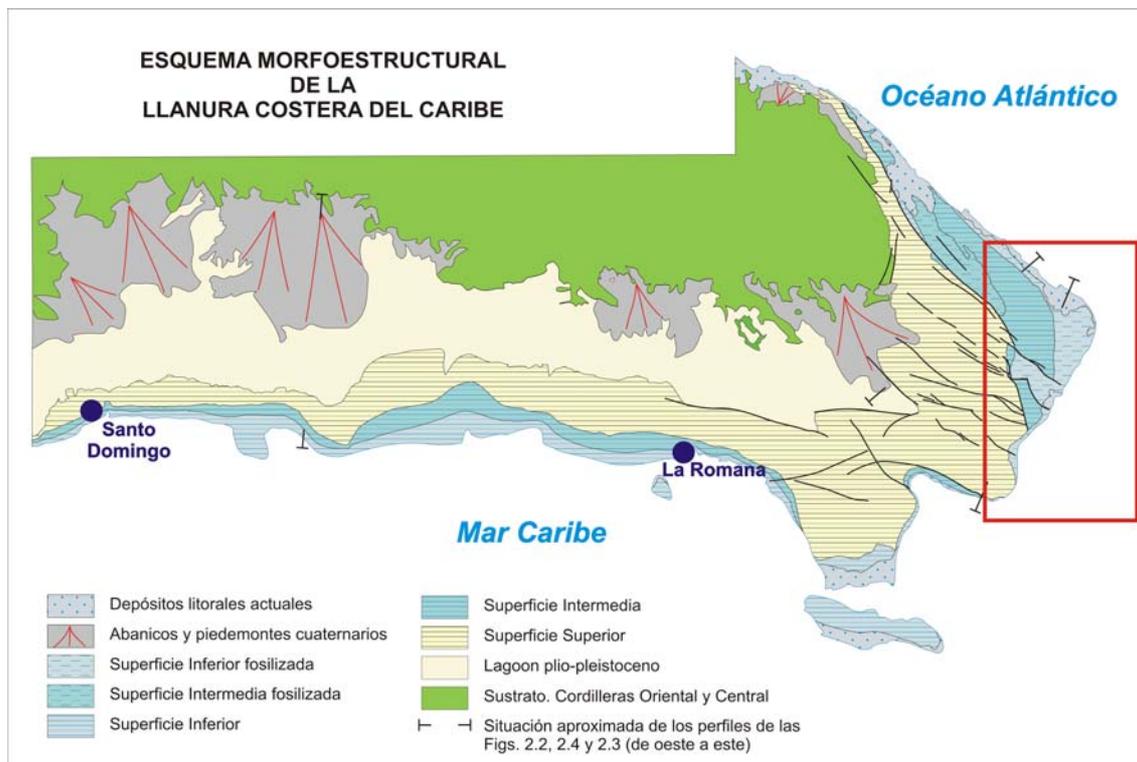


Fig. 2.1. Esquema morfoestructural de la Llanura Costera del Caribe

La Llanura Costera del Caribe 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, de oeste a este. Pese a la envergadura de éstos, en general se trata de una región con drenajes deficientes, especialmente en su franja costera, donde predominan las pérdidas de drenaje superficial. Su litoral se configura principalmente como una costa baja, pero acantilada, en la que se intercalan diversas playas, más desarrolladas en el extremo oriental.

La fisonomía de la Llanura Costera del Caribe se basa en la existencia de tres superficies escalonadas principales, paralelas a la línea de costa (Fig. 2.2). En la Hoja de Juanillo/Bávaro esta fisonomía muestra ligeras variaciones debido a la dislocación de dichas superficies, tanto en la vertical como en la horizontal. Así, por una parte se observan altitudes superiores a las del resto de la llanura, alcanzando una cota máxima de 130 m al oeste de Pantanal; por otra, las superficies pierden su paralelismo y en el sector meridional las inferiores se reducen de forma notable, de manera que la superficie superior se asoma directamente al mar Caribe (Fig.2.3).

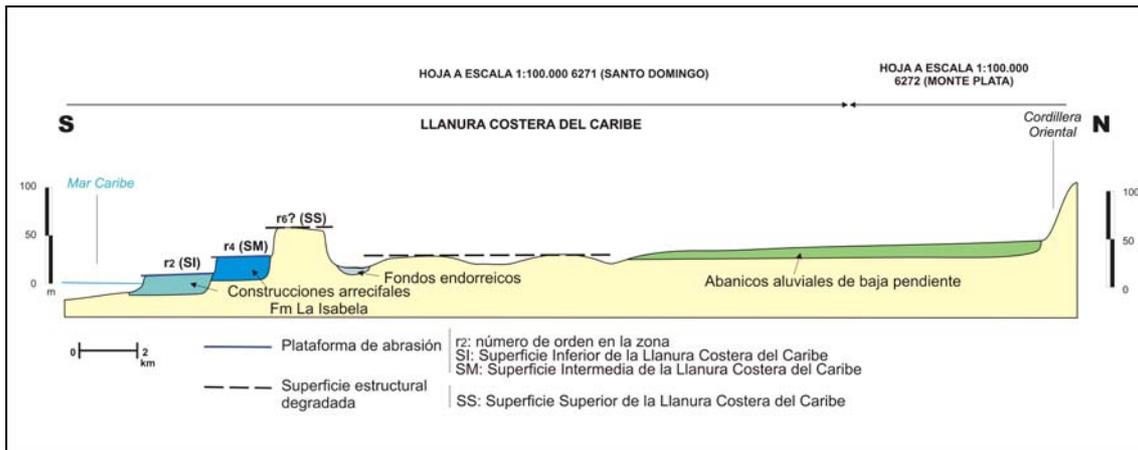


Fig. 2.2. Perfil esquemático de la Llanura Costera del Caribe en su sector occidental

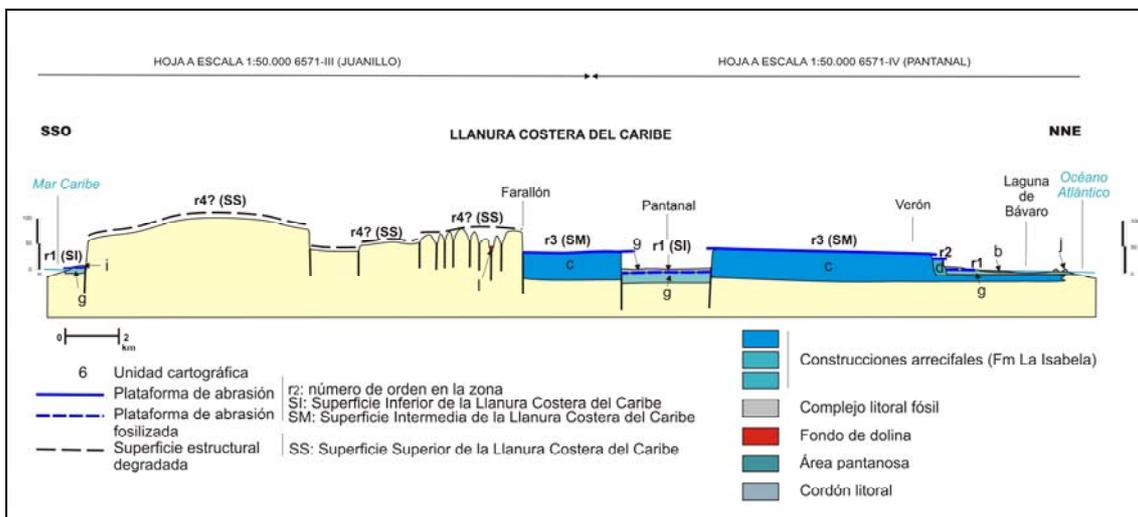


Fig. 2.3. Perfil esquemático de la Hoja de Juanillo/Bávaro

El litoral tiene carácter arenoso en el sector septentrional, donde predominan las playas y los manglares, y rocoso en el meridional, aunque los acantilados raramente sobrepasan la decena de metros de desnivel. En él se encuentra el extremo oriental

de La Española, Cabo Engaño, utilizado como referencia para delimitar el océano Atlántico, al norte, y el mar Caribe, al sur.

La configuración paleogeográfica durante el Plioceno ha condicionado de forma directa la fisonomía actual de la Llanura Costera del Caribe, merced a su emersión durante el Cuaternario. Así, la barrera arrecifal correspondiente a la Fm Los Haitises constituye los terrenos más elevados, a modo de umbral (Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe) de dirección aproximada N-S en la Hoja, mostrando un perfil longitudinal ondulado, con altitudes superiores a 100 m y mínimas inferiores a 40 m. Hacia el oeste, en la vecina Hoja a escala 1:100.000 de La Romana (6472), el perfil topográfico evoluciona a una zona deprimida, heredada del antiguo *lagoon* plioceno (Fm Yanigua), en tanto que hacia el este el relieve se caracteriza por una sucesión de plataformas arrecifales elaboradas sobre plataformas marinas (Fm La Isabela) en retroceso (Fig. 2.4).

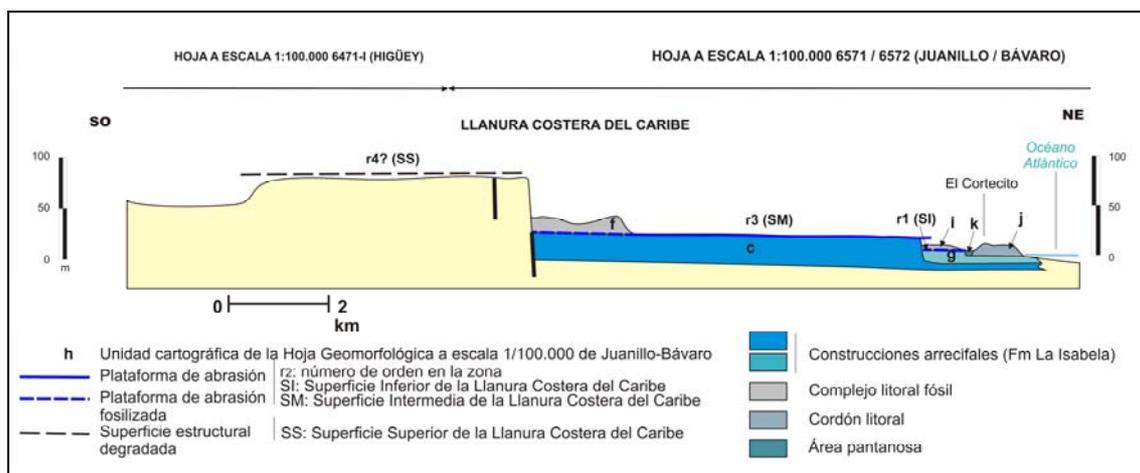


Fig. 2.4. Perfil esquemático del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe

Se reconocen dos plataformas o niveles principales: la Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe, que desciende desde cotas máximas de +45 m al oeste de Verón, hasta cotas cercanas a +20 m en su límite oriental; y la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe, que alcanza cotas máximas de +10 m, disminuyendo insensiblemente hasta el litoral, donde se dispone a +6 m. Entre estos dos niveles principales se diferencia otro de menor entidad a cotas de +14-20 m.

Los principales rasgos geomorfológicos de la Hoja son: el escalonamiento de las plataformas arrecifales plio-pleistocenas, originadas por el ascenso de la región, con la consiguiente ganancia de territorio al mar; el desnivelamiento por fracturación de

aquéllas; los efectos de la meteorización química por karstificación de los extensos afloramientos calcáreos; el desarrollo de complejos de playas y dunas tras la emersión de las plataformas; la costa acantilada meridional dinámica, sometida a una dinámica predominantemente erosiva; y la tendencia a la desecación o colmatación de las marismas y lagunas costeras.

La pluviometría de la zona se resuelve por infiltración a favor de la red kárstica desarrollada en los materiales calcáreos, de forma que la deficiencia del drenaje superficial es extrema, con total ausencia de cursos fluviales. Por el contrario, existen lagunas de cierta envergadura, destacando las de Bávaro y Hoyo Claro.

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 que aumentan desde 900 mm/año, en el sector meridional, hasta 1.200 mm/año, en el septentrional; 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.

La población se encuentra muy desigualmente repartida, concentrándose en Verón y en general, junto a las carreteras de acceso a los complejos turísticos de la zona: Bávaro, Punta Cana y Cap Cana. La actividad humana se centra en torno al turismo, con una cierta actividad minera. Incluso en las áreas más despobladas, la actividad agrícola y ganadera es mínima.

La red de comunicaciones es buena por carretera en el ámbito turístico, pero no así en el resto de la zona, donde una precaria red de pistas permite tan sólo un acceso limitado; la deficiencia es máxima en el sector meridional, donde únicamente es posible el acceso a pie. En relación con el transporte aéreo, cabe destacar la presencia del Aeropuerto Internacional de Punta Cana, uno de los más activos del país.

### 3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

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

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

#### 3.1. Estudio morfoestructural

El relieve de la zona está condicionado en gran medida por la naturaleza y la disposición de los materiales que la conforman. Así, el techo de los materiales carbonatados plio-pleistocenos de la Fm Los Haitises constituye una superficie estructural dispuesta regionalmente a modo de umbral, cuya vertiente hacia el litoral está caracterizada por los aterrazamientos configurados por los depósitos arrecifales pleistocenos de la Fm La Isabela, emergidos como consecuencia de la retirada del mar (Fig. 3.1).

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

##### 3.1.1. Formas estructurales

Las morfologías condicionadas por la distinta resistencia ofrecida a la erosión por los distintos materiales aflorantes, o litoestructurales, son escasas debido a la escasez de contrastes litológicos. No obstante, posee una notable extensión la *superficie estructural degradada* configurada por el techo de la Fm Los Haitises, denominada Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe (Foto 3.1), que en la Hoja alberga las cotas más elevadas, sobrepasando +100 m, y se encuentra muy trastocada por numerosas fallas y pliegues. Aunque parece evidente su carácter estructural, es

probable que también haya sufrido la acción de la morfogénesis marino-litoral durante su formación.

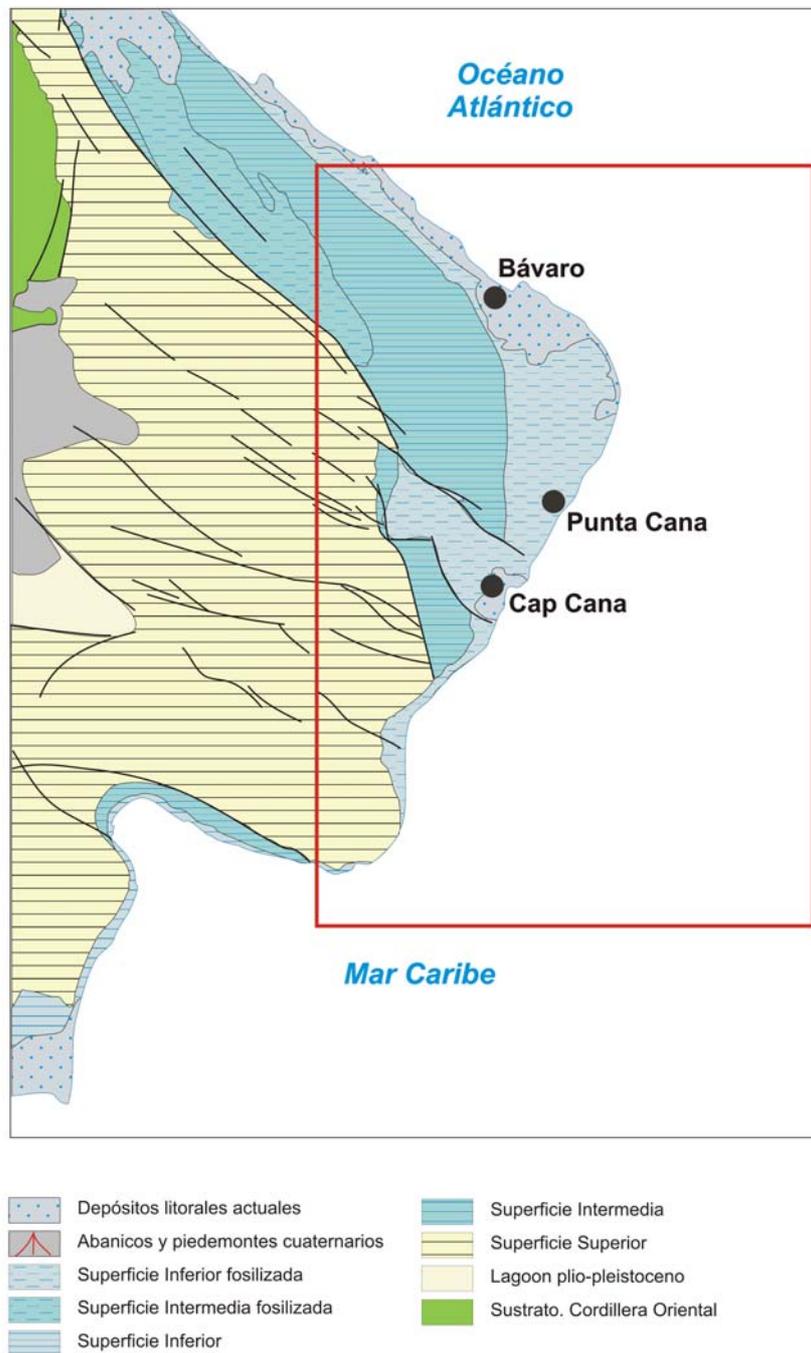


Fig. 3.1. Esquema morfoestructural del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe

Las formas de origen tectónico son mucho más abundantes y variadas, destacando las *fallas* y *fallas supuestas* con expresión morfológica, siendo su principal efecto la delimitación de bloques. Poseen una dirección predominante NO-SE a ESE-ONO, con algunas de dirección E-O, y afectan a la Fm Los Haitises y, en menor medida, a las

dos plataformas superiores de la Fm La Isabela. 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 relacionado con la dinámica de la cresta de La Mona (García-Senz, com. pers.).



Foto 3.1. Panorámica de la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe, desde El Cabo

Con frecuencia, es posible la *indicación del labio hundido*, al preservarse el *escarpe de falla*, que en numerosos casos alcanza desniveles de más de 20 m. En ocasiones, el escarpe constituyó un paleoacantilado, como en el caso de la falla de El Caracol, que con dirección NO-SE limita las Fms. La Isabela y Los Haitises a lo largo de varias decenas de kilómetros. Por su reflejo morfológico, también cabe destacar las fallas de Pantanal y La Jarda (Foto 3.2), de dirección ESE-ONO.

Las formas estructurales de origen tectónico se completan con los *relieves conformes anticlinales* que afectan a la Fm Los Haitises (Foto 3.3). Se trata de pliegues laxos de orientación ESE-ONO y charnelas de varios kilómetros, limitados en sus flancos por fallas, sin que se observen los sinclinales correspondientes entre ellos.



Foto 3.2. Desnivel topográfico producido por la falla de La Jarda



Foto 3.3. Relieve conforme anticlinal afectando a la Fm Los Haitises en el ámbito de Farallón

### 3.2. Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre la plataforma plio-pleistocena de la Llanura Costera del Caribe, es la responsable de su fisonomía actual. Los procesos marino-

litorales son los condicionantes fundamentales de su morfoestructura escalonada, si bien sobre ésta han actuado con mayor o menor efectividad los procesos de origen kárstico, lacustre-endorreico, gravitacional y marino-litoral.

### 3.2.1. 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 meteorización química.

### 3.2.2. Formas lacustres y endorreicas

Fundamentalmente se trata de *lagunas y áreas pantanosas*, desarrolladas en la franja costera y en la depresión de Hoyo Claro. Ésta constituye una *cuenca endorreica* con cotas inferiores a +5 m, lo que hace que el nivel freático intercepte la superficie topográfica, dando lugar a la laguna de Hoyo Claro, de más de 2 km de eje mayor, y a otras de menor entidad, tanto de carácter *permanente* como *estacional*.

En cualquier caso, la laguna de mayor entidad es la de Bávaro, situada en la franja litoral y rodeada por una extensa *área pantanosa*, junto a la que es preciso destacar la ciénaga de Pantanal. Estas áreas pantanosas son zonas encharcadas y colonizadas por abundante vegetación, que parecen constituir el vestigio de antiguas lagunas costeras en proceso de colmatación y desecación.

### 3.2.3. Formas marinas-litorales

Determinan la fisonomía de la franja litoral hasta la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe. Sus elementos más destacados son las *construcciones biogénicas* elevadas (terrazas marinas) pertenecientes a la Fm La Isabela, sobre las que se han desarrollado *plataformas de abrasión*, en parte *fosilizadas*, que se disponen escalonadamente subparalelas al litoral. Se encuentran por toda la zona (Foto 3.4), habiéndose reconocido 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, probablemente 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 ( $r_4$ ?).



Foto 3.4. Plataformas de abrasión escalonadas en el ámbito del campo de golf de Cap Cana

La tercera terraza constituye la Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe y posee una anchura notable en el sector septentrional, estando parcialmente fosilizada al norte por el Complejo litoral superior. 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 fallas descrita, de forma que su continuidad superficial se pierde en la depresión de Hoyo Claro.

Por lo que respecta a la primera terraza, representada en toda la zona, constituye la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe (Foto 3.5), reconociéndose pese a estar fosilizada por el delgado Complejo litoral inferior. 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 en las terrazas más antiguas.

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 inferiores a 25 m y su nivel de degradación hace que aparezcan con cierta inclinación, excepto en el caso de su coincidencia con fallas, como en el ámbito de la depresión de Hoyo Claro, donde están verticalizados. Además de su papel como escarpes de falla, los desniveles que limitan los afloramientos de la Fm Los Haitises también han actuado como paleoacantilados, con frecuencia con desnivel superior a 25 m (Foto 3.6). Por lo que

respecta a los *acantilados* actuales, tienen una envergadura modesta, con valores medios cercanos a 6 m (Foto 3.7).



Foto 3.5. Plataforma de abrasión inferior ( $r_1$ ) junto al aeropuerto de Punta Cana. Nótese la presencia, en segundo término, de un cordón litoral

---



Foto 3.6. Escarpe del paleoacantilado que limita el afloramiento de la Fm Los Haitises

---

Sobre las plataformas de abrasión se han conservado dos *complejos litorales fósiles de playas y dunas*. El superior posee una menor extensión, pero una mayor expresión morfológica, con alineaciones a modo de crestas orientadas en paralelo a la línea de costa, que corresponden a *dunas del complejo litoral* y alcanzan alturas de +30 m con respecto a la plataforma sobre la que se disponen. El inferior es mucho más extenso,

---

ocultando prácticamente la plataforma subyacente, pero posee una expresión morfológica sensiblemente inferior, apareciendo como una inmensa planicie de la que sobresalen esporádicos cordones dunares, de altura de orden métrico (Foto. 3.8).



Foto 3.7. Acantilado en el campo de golf de Punta Cana



Foto 3.8. Pequeñas elevaciones correspondientes a dunas del Complejo litoral fósil inferior

El elemento más característico de la costa actual en el sector septentrional es el *cordón litoral* que se extiende de forma continua a lo largo de más de 10 km al norte de Cabo Engaño (Foto 3.9). Presenta el típico aspecto de sucesiones de dunas

orientadas según la *dirección del viento dominante*, enmascaradas por la densidad de palmeras existente, habiéndose desarrollado a lo largo de su frente una *playa arenosa*; también en Punta Cana y Cap Cana existen playas notables, aunque de menor entidad, a las que hay que añadir las de los pequeños caletones intercalados en los acantilados. El cordón posee una anchura de hasta varios cientos de metros, reconociéndose en la fotografía aérea sus *líneas de crecimiento*, subparalelas a la línea de costa. Existen otros cordones menores, pudiendo señalarse los de Cap Cana, que cierra la ciénaga de Pantanal, y Punta de Águilas, en este caso con incorporación de bloques correspondientes a huracanitas.



Foto 3.9. Cordón litoral en las inmediaciones de Cabezo de Toro

Otro de los elementos característicos del litoral son las *marismas bajas* o zonas afectadas por las mareas diarias (Foto 3.10), coincidentes con el *manglar*; su principal manifestación se encuentra en el dorso del cordón litoral septentrional, especialmente en torno a la laguna de Bávaro. También se han desarrollado marismas de menor entidad en Cabo Engaño, El Caletón y Cap Cana.

#### 3.2.4. 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 lapiaces desnudo*, quedando *cubierto* en las zonas de afloramiento de los complejos

litorales fósiles. 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 500 m de eje mayor en algunos casos. También se observan *uvalas* por confluencia de varias de ellas, así como *poljés*, en este caso con participación tectónica en su génesis.



Foto 3.10. Marisma baja al sur de Cabezo de Toro

---

Existen evidencias de un notable desarrollo endokárstico, como la pérdida total del drenaje superficial. Su manifestación más evidente son las abundantes *cuevas* observables en el escarpe que limita los afloramientos de la Fm Los Haitises, especialmente en el sector meridional; también existe constancia del desarrollo de diversas formas endokársticas como estalactitas y estalagmitas, visibles igualmente en dicho escarpe (Foto 3.11).



Foto 3.11. Desarrollo de cuevas y otras formas endokársticas en las calizas de la Fm Los Haitises

---

## **4. FORMACIONES SUPERFICIALES**

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

### **4.1. Formaciones lacustres-endorreicas**

#### **4.1.1. Lutitas. Lagunas (a). Holoceno**

Se localizan en la franja litoral y en la depresión de Hoyo Claro, cuya baja altitud hace que el nivel freático intercepte la superficie topográfica. Su depósito está integrado por lutitas oscuras, sin que su espesor haya sido determinado, estimándose valores de 2-3 m. Se asignan al Holoceno por su carácter actual.

#### **4.1.2. Lutitas. Áreas pantanosas (b). Holoceno**

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

### **4.2. Formaciones marinas-litorales**

#### **4.2.1. Calizas arrecifales. Construcciones biogénicas (c, d, g). Pleistoceno Medio-Superior**

Configuran las plataformas o escalonamientos dispuestos entre el umbral constituido por la Fm Los Haitises y la línea de costa. Se reconocen dos plataformas principales, de gran continuidad, que constituyen espectaculares planicies; la inferior (g) queda oculta casi en su totalidad por depósitos litorales fósiles (i), de forma que tan sólo aflora en el litoral y en el frente de algunas canteras, en tanto que la superior (c) se desdobra en buena parte de la zona en un suave escalonamiento inferior de mucha

menor extensión (d). 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, de forma que el techo del nivel superior (c) configura la Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe y el del nivel inferior (g), la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe.

Pese a la escasez y deficiencia de afloramientos general en la zona, el litoral y las numerosísimas canteras y obras existentes, permiten observaciones detalladas de estas formaciones. Entre sus puntos de observación cabe señalar las canteras existentes en las proximidades del Boulevard Hotelero, al suroeste de la laguna de Bávaro, y el vertedero localizado al oeste de Punta Cana, junto a la carretera Verón-Cap Cana.

En general, están constituidas por la superposición y acumulación de esqueletos de colonias de coral (Foto 4.1), en posición de vida o más o menos volcadas y con distintos grados de fragmentación, que presentan en muchos casos costras de diverso grosor de algas rojas coralinales (Braga, 2010). Entre las colonias se observa un sedimento interno de calcirrudita-calcarenita bioclástica, compuesta por fragmentos de coral, algas, moluscos, equinodermos y briozoos, en una matriz micrítica. El sedimento interno no siempre rellena completamente los espacios entre los corales, lo que unido a los huecos producidos por la disolución de los esqueletos de coral, le confiere una elevada macroporosidad. Por su excelente calidad, es preciso señalar el afloramiento ofrecido por el vertedero de Punta Cana, donde se observa un armazón de ejemplares gigantescos de *Acropora palmata*, de 3 m de altura. No se ha observado la base de estas unidades en punto alguno, en tanto que su techo está marcado por los depósitos calcareníticos litorales fósiles (unidades e, f, h, i), deduciéndose espesores superiores a 30 m para el nivel superior y a 10 m para el inferior.

Donde la exposición lo permite, se observa una cierta zonación en la composición de los corales constructores principales, similar a la observada en otras áreas de la República Dominicana (Geister, 1982). En la zona del núcleo de la construcción situada hacia tierra predominan las colonias masivas en domos de *Montastrea annularis* y especies de *Diploria*. La construcción se extiende tierra adentro con parches discontinuos de extensión lateral métrica a decamétrica. En la zona del núcleo, que corresponde a la zona de rompiente, el coral de ramas muy gruesas *Acropora palmata* aparece junto a colonias masivas de *Montastrea annularis*,

*Siderastrea*, *Diploria* y *Porites*. Hacia el mar incrementan las proporciones de colonias de ramas finas de *A. prolifera* y *A. cervicornis*, que acaban siendo dominantes. Según Geister (1982), a mayor profundidad pasan a dominar de nuevo las colonias masivas de *Montastrea*, *Diploria* y *Porites*.

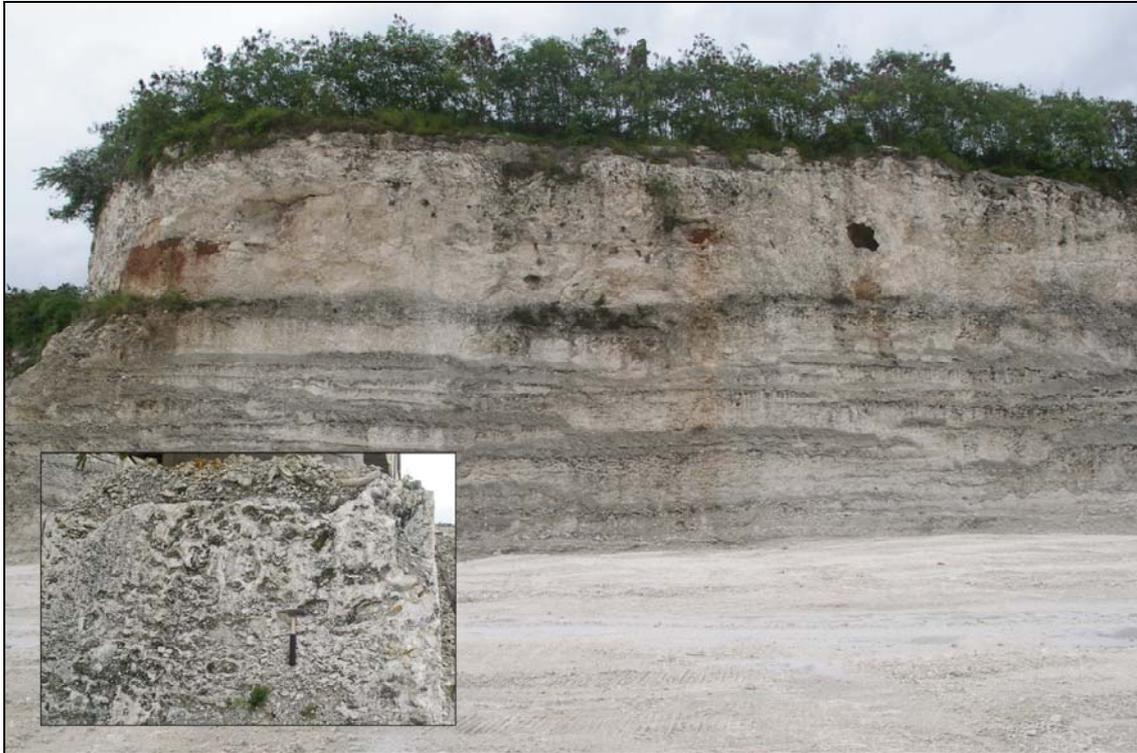


Foto 4.1. Calizas coralinas de la Fm La Isabela

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

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

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

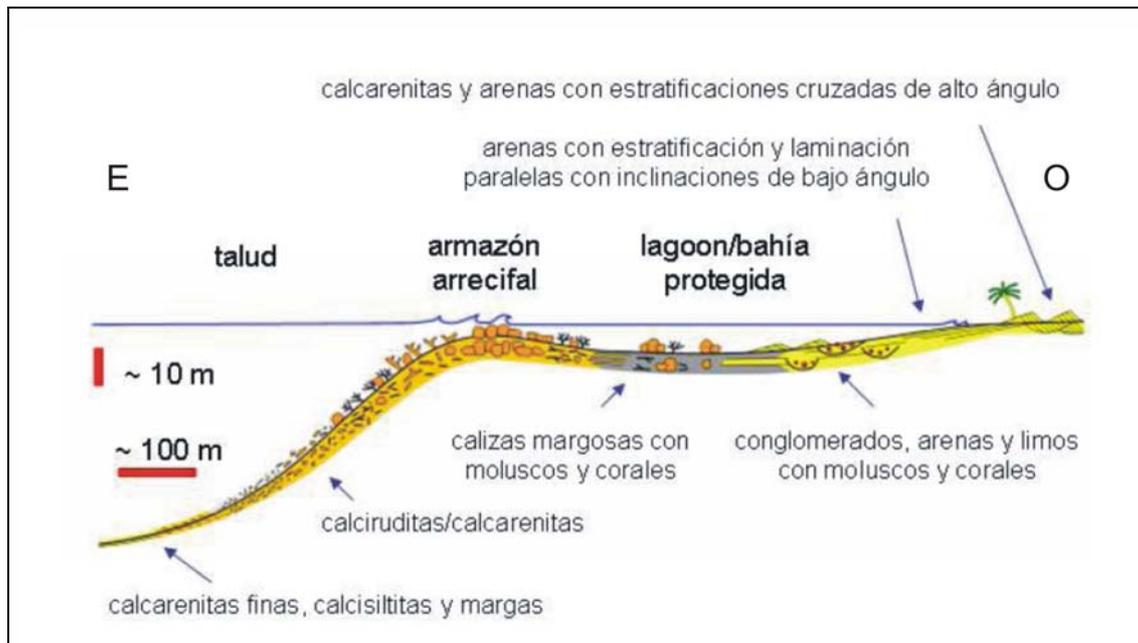


Fig. 4.1. Modelo sedimentario de la Fm La Isabela (Braga, 2010)

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

Pese al abundante contenido faunístico que incluyen, su edad se basa exclusivamente en las dataciones efectuadas por Schubert y Cowart (1982) entre Punta Caucedo y San Pedro de Macorís sobre varias muestras tomadas en la terraza de +6-7 m de altura (equivalente de la unidad g), de las que se deduce una edad de  $121 \pm 9$  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. 4.2) a la plataforma consecutivamente más alta (equivalente de la unidad c), cuyo techo está allí a +30 m, sugiere que la terraza correspondiente se generó en el MIS 11, cuyo pico de nivel de mar está alrededor de 400 ka. Pese a las imprecisiones señaladas, de acuerdo con las edades anteriores, el depósito de la Fm La Isabela en la Llanura Costera del Caribe se habría producido durante el Pleistoceno Medio-Superior.

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	g	6	0,03	6	0,03	121+9	PLEISTOCENO SUPERIOR
			10	0,06	10	0,06		
	r3	c	30	0,06	45	0,08	400	PLEISTOCENO MEDIO
LOS HAITISES	r4?		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. 4.2. Tasa de elevación y edad de las unidades arrecifales de la Llanura Costera del Caribe

#### 4.2.2. Calcarenitas. Complejo litoral de playas y dunas. (f, i). Dunas del Complejo litoral (e, h). Pleistoceno Medio-Superior

Fosilizan las plataformas o escalonamientos constituidos por la Fm La Isabela, reflejando la tendencia regresiva por la que aquéllas han ido retrocediendo hasta su posición actual a lo largo del Cuaternario. Se reconocen dos grandes conjuntos.

El conjunto superior (e, f) fosiliza a la Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe (r<sub>3</sub>) en el sector noroccidental, en tanto que el inferior (h, i) fosiliza a la práctica totalidad de la Superficie Inferior (r<sub>1</sub>), que aflora exclusivamente en el litoral o a favor de la excavación de algunas canteras. Al igual que en caso de las plataformas de la Fm La Isabela, los dos conjuntos han sido diferenciados en función de su posición y de las diferencias cronológicas derivadas de ella. Presentan cortes de excelente calidad en diversas canteras de la zona, destacando por su accesibilidad las situadas junto al Boulevard Hotelero.

El conjunto superior (f) posee una acusada morfología dunar, con elevaciones de hasta 40 m sobre la plataforma arrecifal (c) sobre la que reposa. Cuando su definición y dimensiones lo han permitido, se han individualizado diversos cordones dunares (e). El conjunto está integrado por calcarenitas muy bien seleccionadas con

estratificaciones y laminaciones cruzadas de alto ángulo, longitudes métricas a hectométricas y alturas métricas a decamétricas. Se interpretan como dunas eólicas generadas en un ambiente litoral (Braga, 2010), como se deduce del contexto general de la zona y de la orientación paralela a la costa actual de los cordones individualizados cartográficamente.

El conjunto inferior (i) tiene una extensión muy superior, pero muestra un contraste morfológico sensiblemente inferior. Constituye una espectacular planicie de la que sobresalen pequeños alomamientos correspondientes a morfologías dunares (h), que alcanzan una altura máxima de 10 m con respecto a la plataforma arrecifal inferior (g), sobre la que se dispone, tal como puede apreciarse en diversos puntos, como la ciénaga de Pantanal o una de las canteras situadas al norte del aeropuerto de Punta Cana.

Ocasionalmente se observan facies de calcarenitas finas ricas en micrita (*packstones*) con restos de moluscos, generalmente moldes, y corales, algunos de ellos cabezos en posición de vida, interpretadas como depósitos de *lagoon* (Braga, 2010)

Las facies más frecuentes corresponden a calcarenitas bien seleccionadas, con estratificación y laminación paralela (Foto 4.2) 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, o calcarenitas con *ripples*. Son *grainstones* bien cementados, muy ricas 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*. El conjunto prograda sobre las calcarenitas bioclásticas del *lagoon* o directamente sobre las construcciones arrecifales de la Fm La Isabela (g) (Foto 4.3). En la cantera situada junto a la carretera de Cabezo de Toro se observan dos ciclos de progradación separados por una superficie neta con colores rojos, probablemente un paleosuelo.

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

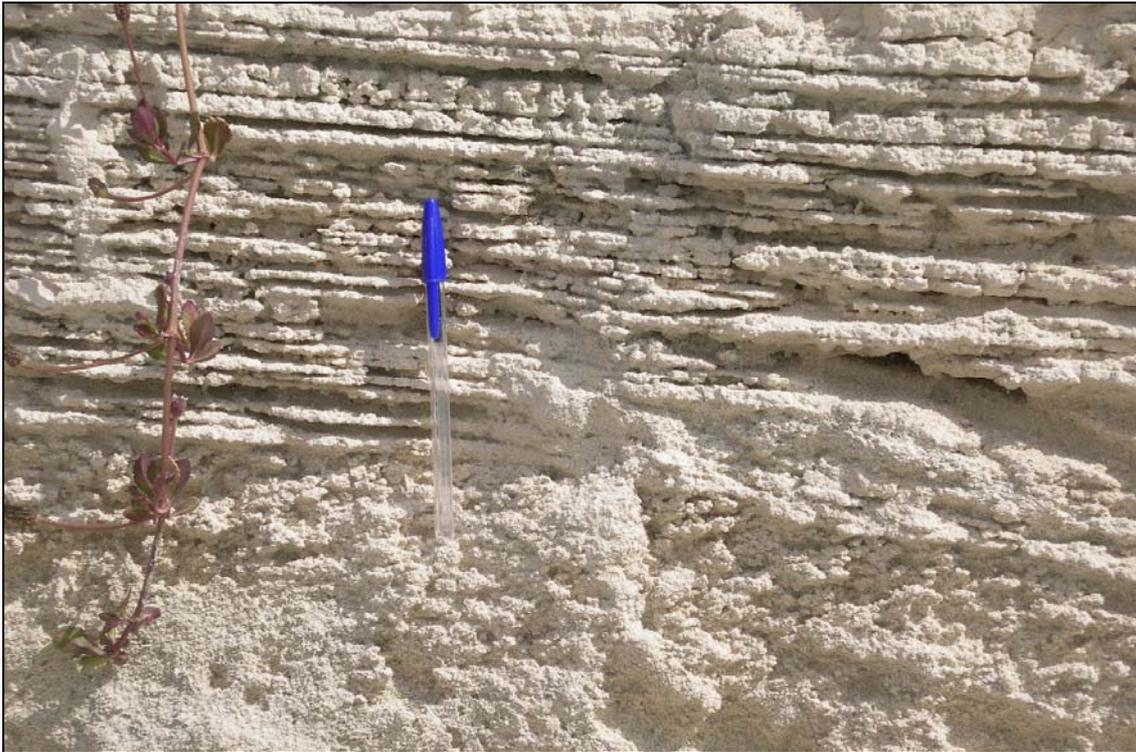


Foto 4.2. Laminaciones en las calcarenitas de los complejos litorales de dunas y playas

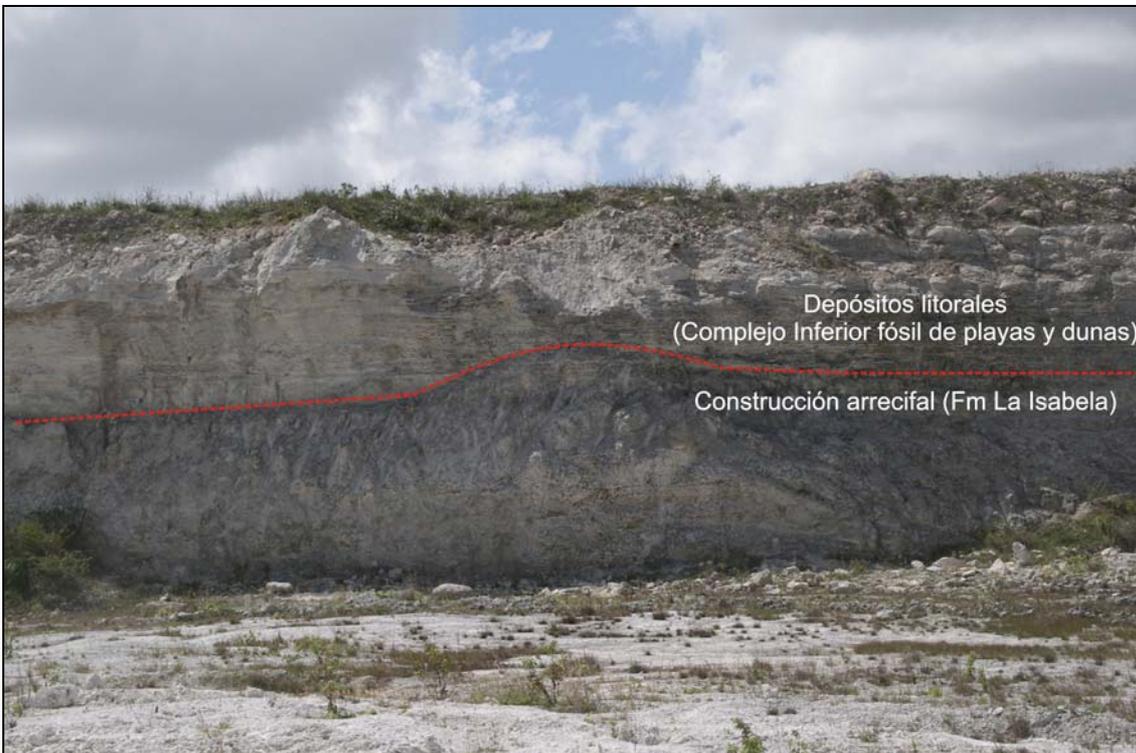


Foto 4.3. Complejo litoral fósil sobre construcciones arrecifales de la Fm La Isabela en una cantera cercana al aeropuerto de Punta Cana

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

En cuanto a su edad, queda acotada por la del techo del nivel más alto de la Fm La Isabela (c), siendo probable que el conjunto superior se depositase simultáneamente a alguno de los niveles inferiores de la Fm La Isabela (d, g), o a ambos, lo que sugiere su asignación al Pleistoceno Medio-Superior. Igualmente, la edad del conjunto inferior queda acotada por la del techo del nivel inferior de la Fm La Isabela (g), lo que la enmarca en el Pleistoceno Superior, ya que su posición morfológica y su grado de consolidación invitan a descartar su pertenencia al Holoceno. Por tanto, los complejos litorales fósiles de la zona se asignan al Pleistoceno Medio-Superior.

#### 4.2.3. Arenas. Cordón litoral (j). Holoceno

Constituyen una franja de orden decamétrico a hectométrico paralela a la línea de costa, consistente en acumulaciones de arenas finas a medias de hasta 10 m de altura, aunque normalmente no superan 6 m. En el caso del cordón de Punta de Águilas el cordón incluye bloques de calizas arrecifales de diámetros de orden decimétrico a métrico (Foto 4.4), incorporadas en eventos catastróficos, asimilados a huracanitas.

En su frente se instalan extensas playas arenosas, pero la escala de trabajo tan sólo ha permitido su diferenciación como formas lineales. Por su dinámica actual se asignan al Holoceno.

#### 4.2.4. Lutitas y arenas con vegetación abundante. Marismas bajas (k). Holoceno

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



Foto 4.4. Bloques calcáreos correspondientes a huracanitas, incorporados en el cordón litoral de Punta Águilas

#### **4.3. Formaciones originadas por meteorización química**

##### **4.3.1. Arcillas de descalcificación. Fondos de dolina, uvala o polje (I). Pleistoceno-Holoceno**

Sus manifestaciones se restringen a los afloramientos de la Fm Los Haitises y al nivel superior de la Fm La Isabela, correspondiendo a arcillas rojas de aspecto masivo, producto de la descalcificación de los materiales calcáreos por acción de procesos kársticos (Foto 4.5). Su espesor varía considerablemente según los casos, pudiendo superar 3 m. Su edad está acotada por la del techo de la Fm Los Haitises, por lo que se enmarcan en el Pleistoceno-Holoceno.



Foto 4.5. Arcillas de descalcificación generadas a expensas de las calizas de la Fm Los Haitises

---

## 5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

Si bien la morfología de la zona está influenciada por los procesos acaecidos a lo largo de la historia de la Cordillera Oriental, su fisonomía actual empieza a perfilarse durante el Plioceno, cuando la 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 (Figs. 5.1 y 5.2).

La característica básica de la plataforma pliocena 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 (Figs. 5.1a y 5.2a).

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, el antiguo almacén arrecifal se configuró como un umbral que se interpondría 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), entonces mucho más estrecha, probablemente a partir del Pleistoceno Medio (Figs. 5.1b y 5.2b).

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 el antiguo *lagoon* (Figs. 5.1c y 5.2c).

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. 5.2d). En el sector oriental, el desarrollo kárstico ha imposibilitado la creación de cursos fluviales al este del río Yuma.

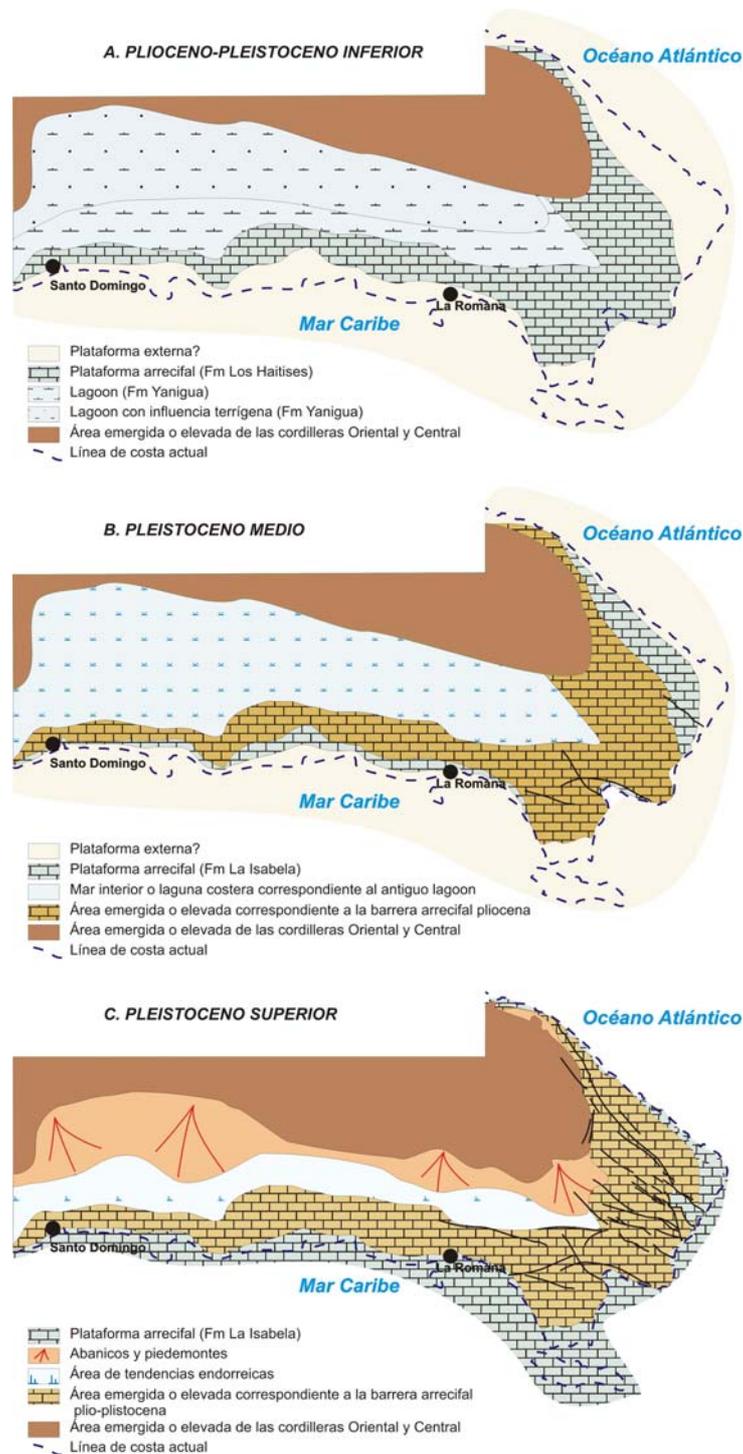


Fig. 5.1. Evolución paleogeográfica de la Llanura Costera del Caribe durante el Plioceno-Pleistoceno



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.

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 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.

## **6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO**

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

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

Dentro de la Hoja de Juanillo/Bávaro 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.

### **6.1. Actividad sísmica**

La sismicidad es uno de los procesos activos más relevantes de La Española como consecuencia de su situación en un contexto geodinámico de límite entre dos placas: Norteamericana y del Caribe. Actualmente existe consenso en el reconocimiento de las principales estructuras tectónicas de la isla y su relación con el desplazamiento relativo entre las placas litosféricas citadas. No obstante, aunque los rasgos generales son conocidos, el estudio de detalle de la actividad sísmica en la República Dominicana tropieza con una cierta escasez de datos. Los registros históricos e instrumentales son pocos y no pueden considerarse definitivos.

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

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

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

La Hoja de Juanillo/Bávaro pone de manifiesto la necesidad de abordar los estudios sísmicos en relación con áreas de un orden de magnitud superior, ya que la distribución de epicentros en ella no evidencia el seguimiento de un patrón claro. Sin embargo, en una representación de escala regional se pone de manifiesto 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. 6.1).

En cualquier caso, los seísmos registrados en la Hoja son mayoritariamente profundos (81-197 km), con un número menor de eventos de carácter intermedio (25-46 km), siendo 4,7 la magnitud del mayor evento (1994). Cabe destacar que algunos seísmos de la sucesión desencadenada entre 1946 y 1953 en el sector nororiental de La Española (Fig. 6.2) se produjeron en las proximidades de la zona, relacionándose dicha sucesión con el proceso de subducción de la placa Norteamericana bajo la Caribeña (Dolan y Wald, 1998).

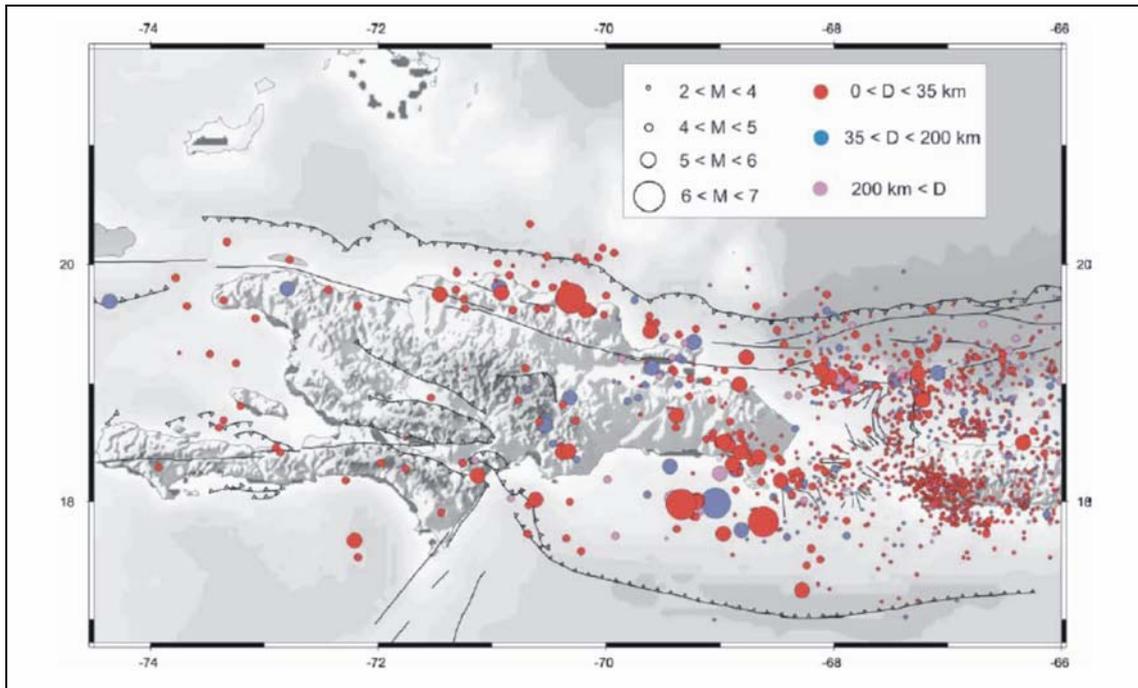


Fig. 6.1. Sismicidad instrumental de La Española (1972-2002). Catálogo NEIC-USGS (Calais, 2008)

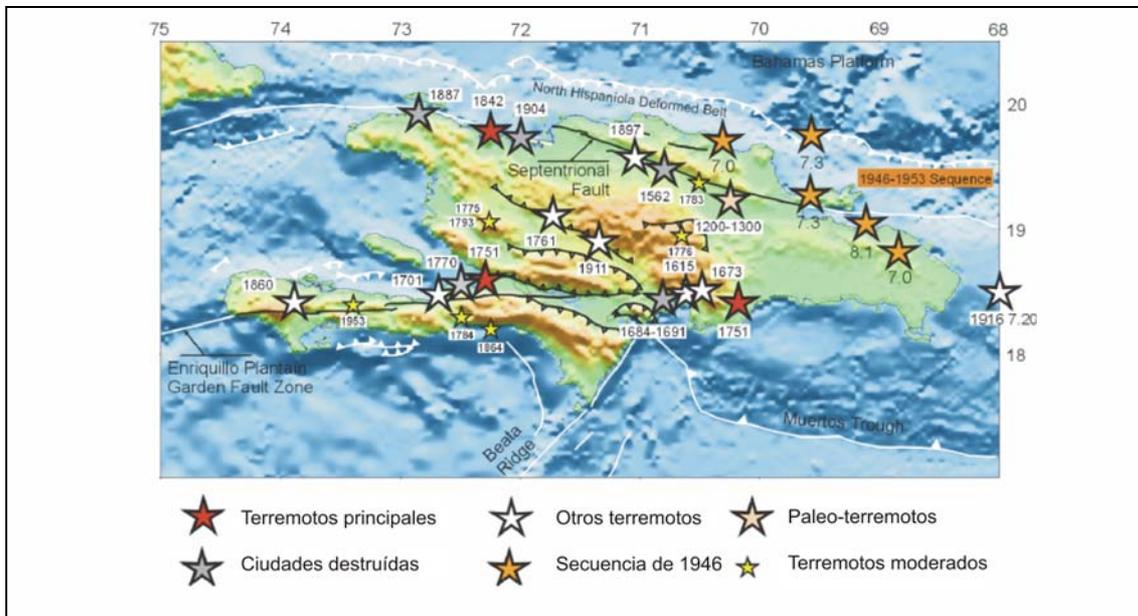


Fig. 6.2. Sismicidad histórica en La Española anterior a 1960 (Calais, 2008)

### 6.1.1. Tsunamis

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

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

Los efectos de los tsunamis pueden ser condicionados por la configuración de la línea de costa local y del fondo marino. Ya que no existe una metodología precisa para definir estos efectos, es importante el examen del registro histórico para determinar si una sección particular del litoral ha sido afectada por tsunamis y qué elevación alcanzaron. Debe remarcar 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 Costera, debe considerarse susceptible de sufrir este tipo de fenómenos. La práctica totalidad de dicho dominio en la Hoja constituye un área vulnerable, aunque obviamente la vulnerabilidad disminuye con la altitud y la distancia a la costa.

## 6.2. **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 su sector oriental, en el que se encuentra localizada la Hoja, la actividad es más patente aún debido al conjunto de *fallas*, en algunos casos *supuestas*, que afectan a los materiales de las Fms. Los Haitises y La Isabela, siendo más evidentes cuando conservan su *escarpe*. No obstante, pese a las evidencias de una importante actividad símica en la región, cabe destacar que el conjunto de fallas señalado y probablemente relacionado con la dinámica de la cresta de La Mona, no afecta al nivel inferior de la Fm La Isabela (g) 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 sobre la tasa de elevación del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe (Fig. 4.2). Así, la terraza datada como MIS 5e ( $121 \pm 9$  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 allí 10 m de altitud máxima. Esta terraza mantiene sus cotas en el ámbito de la Hoja de Juanillo/Bávaro ( $r_1$ , unidad g), deduciéndose un levantamiento de 0,03 a 0,06 mm/año si se considera la altura en que la muestra fue tomada (+6-7 m) o la máxima de la terraza, respectivamente (Braga, 2010).

Aplicando la tasa máxima a la terraza inmediatamente superior en el sector de Boca Chica-San Pedro de Macorís, que constituye la Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe, resulta una edad cercana a 400 ka. Tomando como referencia esta edad, en el sector oriental de la Llanura Costera resulta una tasa de elevación de 0,08 mm/año para la terraza equivalente ( $r_3$ , unidad c), ligeramente superior a la correspondiente al sector de Boca Chica.

En cualquier caso, el levantamiento es efectivo desde el cese del depósito de la Fm Los Haitises, es decir, al menos, desde el Pleistoceno Inferior, pero la imprecisión sobre la edad de los carbonatos más recientes dentro de esta formación deja muy abiertas las estimaciones sobre tasas de levantamiento; no obstante, la altitud actual de sus calizas someras puede dar una idea de dichas tasas. En concreto, al oeste de Pantanal presentan 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. En cualquier caso, esta tasa de elevación de

0,03-0,13 mm/año, correspondiente a un orden de magnitud similar a la calculada para la Fm La Isabela (0,06-0,08 mm/año), resulta sensiblemente inferior a la experimentada por la Fm Los Haitises en otros lugares de la isla, como las cordilleras Oriental y Septentrional.

### **6.3. Actividad asociada a movimientos de laderas**

Se restringe a *caídas de bloques* de orden métrico a decamétrico en los paleoacantilados y escarpes de falla que limitan las plataformas marinas plio-cuaternarias. Un buen punto de observación se localiza en Farallón, donde bloques de la Fm Los Haitises se acumulan sobre la Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe.

### **6.4. Actividad asociada a procesos de erosión**

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

### **6.5. Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación**

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

El régimen pluviométrico de la región hace que las *lagunas* y *áreas pantanosas* aparezcan como áreas inundables (Foto 6.1), si bien aquéllas pueden hacerlo de manera *intermitente* o estar rodeadas de *áreas sometidas a encharcamientos efímeros*. En el caso de la depresión de Pantanal, este tipo de formas se agrupan dentro de los *límites de una cuenca endorreica*.

Asociadas con la dinámica litoral actual se encuentran las *marismas bajas*, además de las *playas* y los *cordones litorales*, con sus características *líneas de crecimiento*. En

relación con procesos de inundación en la franja costera, no deben olvidarse los potenciales efectos que podría ocasionar la ocurrencia de un tsunami, ni los más frecuentes debidos a la llegada de tormentas tropicales y huracanes; en este sentido, en la cartografía se ha representado el límite del *área especialmente sensible a la acción de huracanes* y que ocupa la franja litoral, adquiriendo su máxima anchura en el ámbito de las marismas, especialmente en la laguna de Bávaro.



Foto 6.1. Laguna costera en cabo Engaño

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

#### **6.6. Actividad asociada a litologías especiales**

Su expresión más evidente se produce en relación con los afloramientos calcáreos de las Fms. Los Haitises y La Isabela, en los que se observa un *lapiaz desnudo*, excepto en los casos en que la segunda se encuentra bajo el complejo litoral fósil, en los que el lapiaz se encuentra *cubierto*. También se manifiesta mediante las *depresiones por disolución* correspondientes a dolinas, uvalas y poljés.

En el sector meridional se han diferenciado dos *áreas con depresiones por disolución sin representación cartográfica individualizada* que afectan a las calizas de la Fm Los Haitises. 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 (Foto 6.2), si bien esta franja no ha podido representarse cartográficamente por razones de escala. De forma más genérica, es preciso tener en cuenta los potenciales colapsos que podrían generarse como consecuencia del desarrollo del endokarst, originando en su caso dolinas en superficie.



Foto 6.2. Procesos de colapso debidos al desarrollo endokárstico en las calizas de la Fm La Isabela, junto al litoral

---

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- BRAGA, J.C. (2010).** Informe sobre las Formaciones Arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto 1B. Servicio Geológico Nacional (SGN), Santo Domingo, 73 pp.
- CALAIS, E. (2008).** Risque Sismique en Haïti: Fondements Scientifiques et Nature du Risque. Conferencia de Puerto Príncipe.
- DE LA FUENTE, S. (1976).** Geografía Dominicana. Ed. Colegial Quisqueyana S.A., Instituto Americano del Libro y Santiago de la Fuente sj; Santo Domingo, 272 pp.
- DÍAZ DE NEIRA, A., MARTÍN-SERRANO, A., ESCUER, J. (2007).** Evolución geomorfológica de la Cordillera Oriental Dominicana. Boletín Geológico y Minero, IGME, 118-2, 385-399.
- DÍAZ DEL OLMO, F., CÁMARA, R. (2003).** Karst tropical de colinas, tipología y evolución en el plio-cuaternario en República Dominicana. XI Reunión nacional de Cuaternario. Oviedo, 123-128.
- DOLAN, J.F., WALD, D.J. (1998).** The 1943-1953 north-central Caribbean earthquakes: Active tectonic setting, seismic hazards and implications for Caribbean-North America plate motions. En: DOLAN, J.F., MANN, P. (Eds.). Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Geological Society of America Special Paper, 326, 143-169.
- GEISTER, J. (1982).** Pleistocene reef terraces and coral environments at Santo Domingo and near Boca Chica, southern coast of the Dominican Republic. 9ª Conferencia Geológica del Caribe (Santo Domingo, 1980), 2, 689-703.
- GUERRA PEÑA, F. (1966)** Las Regiones Fisiográficas de la Isla de Santo Domingo. Unión Geográfica Internacional. Conferencia Regional Latinoamericana, III.
- IGME (2004).** Mapa Geomorfológico y de Procesos activos susceptibles de constituir Riesgo geológico a escala 1:100.000. Guía para su elaboración. (Inédito).
- LEA, D.W., MARTIN, P.A., PAK, D.K., SPERO, H.J. (2002).** Reconstruction a 350 ky history of sea-level using planktonic Mg/Ca and oxygen isotope records from a Cocos Ridge core. Quaternary Science Reviews, 283, 283–293.
- LEWIS, J.F. (1980).** Resume of the geology of Hispaniola. En: Guía de Campo de la 9th Conferencia Geológica del Caribe, Santo Domingo, República Dominicana, Ed. Amigo del Hogar, 5-31.

**LEWIS, J.F., DRAPER, G. (1990).** Geology and tectonic evolution of the northern Caribbean margin. En: DENG, G., CASE, J.E. (eds.). The Geology of North America, Volume H, The Caribbean region. Geological Society of America, Colorado, 77-140.

**MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (1991).** An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola. En: MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 1-28.

**MARCANO, E., TAVARES, I. (1982).** Formación La Isabela, Pleistoceno temprano. Publicaciones especiales Museo Nacional de Historia Natural, 3, Santo Domingo, 30 pp.

**OBIOLS, A., PERDOMO, R. (1966).** Atlas de información básica existente y lineamientos para la planificación del Desarrollo integral de la RD. Guatemala.

**PROINTEC (1999).** Prevención de Riesgos geológicos (Riesgo sísmico). Programa SYSMIN, Proyecto D. Servicio Geológico Nacional (SGN), Santo Domingo.

**SCHUBERT, C., COWART, J.B. (1982).** Terrazas marinas del pleistoceno a lo largo de la costa suroriental de la Rep. Dominicana: cronología preliminar. 9ª Conferencia Geológica del Caribe (Santo Domingo, 1980), 2, 681-688.

**VAUGHAN, T.W., COOKE, W., CONDIT, D.D., ROSS, C.P., WOODRING, W.P., CALKINS, F.C. (1921).** A Geological Reconaissance of the Dominican Republic. En: Editora de Santo Domingo. Colección de Cultura Dominicana de la Sociedad Dominicana de Bibliófilos, Santo Domingo, 18 (1983), 268 pp.