



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL  
REPÚBLICA DOMINICANA

**MAPA GEOLÓGICO**

**DE LA REPÚBLICA DOMINICANA**

**ESCALA 1:50.000**

**SAN RAFAEL DEL YUMA**

**(6471-II)**

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

La presente Hoja y Memoria forman 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 Informes y Proyectos S.A. (INYPSA), formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA, con normas, dirección y supervisión del Servicio Geológico Nacional.

Han participado los siguientes técnicos y especialistas:

#### CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

- Ing. Jose Francisco Mediato Arribas (INYPSA)

#### COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Jose Francisco Mediato Arribas (INYPSA)

#### SEDIMENTOLOGÍA Y LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS

- Dr. Fernando Pérez Valera (INYPSA)
- Dr. Manuel Abad de Los Santos (INYPSA)
- Dr.. Juan Carlos Braga - Fms. Arrecifales del Neógeno y Cuaternario - (Universidad de Granada)

#### MICROPALEONTOLOGÍA

- Dr. Luis Granados (Geólogo Consultor)

#### PETROGRAFÍA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

- Dra. Ana Alonso Zarza (Universidad Complutense de Madrid)
- M. J. Fernandez (Universidad Complutense de Madrid)

#### GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

- Ing. Jose Francisco Mediato Arribas (INYPSA)

#### GEOMORFOLOGÍA

- Ing. Jose Francisco Mediato Arribas (INYPSA)

#### MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS

- Ing. Eusebio Lopera Caballero (IGME)

#### TELEDETECCIÓN

- Ing. Juan Carlos Gumiel (IGME)

## INTERPRETACIÓN DE LA GEOFÍSICA AEROTRANSPORTADA

- Dr. Jose Luis García Lobón (IGME)

## DIRECTOR DEL PROYECTO

- Ing. Eusebio Lopera Caballero (IGME)

## SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE LA UNIÓN EUROPEA

- Ing. Enrique Burkhalter. Director de la Unidad Técnica de Gestión (TYPESA) del proyecto 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 la mejora de 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 y/o micropaleontológicas de cada una de las muestras
- Mapas de muestras
- Álbum de fotos
- Lugares de Interés Geológico

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

- Mapa Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico del Cuadrante a escala 1:100.000 correspondiente, y Memoria adjunta
- Mapa de Recursos Minerales del Cuadrante a escala 1:100.000 correspondiente, y Memoria adjunta
- Geoquímica de Sedimentos Activos y Mineralometría del Proyecto L. Mapas a escala 1:150.000 y Memoria adjunta;

Y los siguientes Informes Complementarios

- Informe Estratigráfico y Sedimentológico del Proyecto
- Informe sobre las Formaciones Arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana
- Informe de Petrología y Geoquímica de las Rocas Ígneas y Metamórficas del Proyecto.
- Informe de Interpretación de la Geofísica Aerotransportada del Proyecto.
- Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método U/Pb
- Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método Ar/Ar
- Informe/Catálogo de macroforaminíferos seleccionados

## RESUMEN

La Hoja a escala 1:50.000 de San Rafael de Yuma (6471-II) se localiza en el sector meridional de la Llanura Costera del Caribe.

Su fisonomía responde a una historia geológica muy reciente, combinación de cambios eustáticos y tectónica activa, caracterizándose por la existencia de tres superficies principales escalonadas paralelas a la línea de costa. La más elevada constituye la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe. 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. En el sur encajada sobre la Superficie Superior y configurando las superficies inferiores (Intermedia e Inferior) aflora la Fm La Isabela, de carácter arrecifal se depositó durante el Pleistoceno. El ascenso conjunto de la plataforma plio-pleistocena dejó una zona endorréica entre los depósitos aluviales de la Cordillera Oriental y los depósitos arrecifales de la plataforma.

De forma discontinua e irregular, sobre este armazón plio-pleistoceno se distribuyen afloramientos de sedimentos cuaternarios, principalmente de origen fluvial y kárstico.

La superficie o plataforma superior está afectada por una red de fracturación ESE-ONO, dislocadas por fallas de orientación NO-SE, E-O y NE-SO, prolongación de la fracturación que afecta en parte a la Cordillera Oriental.

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 San Rafael de Yuma sheet (6571-III) is located in the southern sector of the Caribbean Coastal Plain.

The geological appearance observed is characterized by the existence of three marine graded terraces that are a consequence of both the effect of eustatic changes and more recent tectonic activity. The top terrace makes up the upper surface of the Caribbean Coastal Plain and had developed over the oldest materials that were deposited during the Pliocene corresponding to reef limestones attributed to the Haitises Fm. The Isabela Fm outcrops to the south, fitted over the aforementioned upper surface and constituting the lower surfaces (Intermediate and Lower). This formation is made up of reef materials attributed to carbonate platforms deposited during the Pleistocene. The continuous, overall rise of the plio-pleistocene platform left an endorreic area between the alluvial deposits of the Eastern Cordillera and the reef deposits of the platform.

Quaternary materials – mainly fluvial and karstic sediments – outcrop over Los Haitises Fm in an irregular and discontinuous fashion.

The upper surface or platform is affected by an ESE-WNW oriented fracture system that is disrupted by NW-SE, W-E and NE-SE trending faults. They are a continuation of the fracture system of the Eastern Cordillera.

Recent regional evolution has resulted in the continuous rise of the island, as the corresponding reclaiming of land from the sea took place. The extent of uplift can be reconstructed from the Pliocene platform until present.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Metodología</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Situación geográfica</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3. Marco geológico</b> .....	<b>8</b>
<b>1.4. Antecedentes</b> .....	<b>9</b>
<b>2. ESTRATIGRAFÍA</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1. Cenozoico</b> .....	<b>12</b>
2.1.1. Plioceno-Pleistoceno.....	12
2.1.1.1. Fm Los Haitises. (1) Calizas bioclásticas con bivalvos y gasterópodos. (2) Calizas con corales. Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior N <sub>2</sub> -Q <sub>1</sub> .....	14
2.1.1.2. Fm La Isabela. (3, 4) Calizas arrecifales, calcarenitas con estratificación cruzada. Calizas margosas con gasterópodos y bivalvos y calcarenitas (Plataforma Superior). (5, 6) Calizas arrecifales, calcarenitas con estratificación cruzada. Calizas y calcarenitas con gasterópodos y bivalvos. (Plataforma Inferior). Pleistoceno Medio-Holoceno Q <sub>2-4</sub> .....	16
2.1.2. Holoceno .....	20
2.1.2.1. Fondo de dolinas. (7). Arcillas de descalcificación. Pleistoceno-Holoceno. Q <sub>2-4</sub> .....	20
2.1.2.2. Terrazas. (8) Gravas, arenas y limos. Pleistoceno-Holoceno. Q <sub>2-4</sub> ...	20
2.1.2.3. Depósito endorréico. (9). Arcillas y limos. Pleistoceno- Holoceno. Q <sub>2-4</sub> 21	
2.1.2.4. Glacis. (10) Lutitas abigarradas y arenas con cantos. Pleistoceno-Holoceno. Q <sub>2-4</sub> .....	21
2.1.2.5. Fondo de valle. (11). Arcillas y arenas con gravas. Holoceno. Q <sub>4</sub> ....	22
2.1.2.6. Coluvión. (12) Arenas y limos con cantos de naturaleza carbonatada. Holoceno. Q <sub>4</sub> .....	22
2.1.2.7. Dunas. (13). Arenas finas carbonáticas. Holoceno. Q <sub>4</sub> .....	22
2.1.2.8. Paleoplaya. (14). Arenas y gravas bioclásticas cementadas. Holoceno. Q <sub>4</sub> .....	23
2.1.2.9. Zona Pantanosa. (15) Arcillas y fangos organógenos. Q <sub>4</sub> .....	23
<b>3. TECTÓNICA</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1. Estructura</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2. Estructura de la Hoja de San Rafael de Yuma</b> .....	<b>26</b>
<b>4. GEOMORFOLOGÍA</b> .....	<b>30</b>

<b>4.1. Análisis geomorfológico .....</b>	<b>30</b>
4.1.1. Estudio morfoestructural .....	30
4.1.1.1. Formas estructurales .....	31
4.1.2. Estudio del modelado.....	32
4.1.2.1. Formas fluviales y de escorrentía superficial .....	32
4.1.2.2. Formas lacustres y endorreicas .....	33
4.1.2.3. Formas marinas-litorales.....	33
4.1.2.4. Formas originadas por meteorización química .....	34
<b>4.2. Evolución e historia geomorfológica .....</b>	<b>35</b>
<b>5. HISTORIA GEOLÓGICA.....</b>	<b>38</b>
<b>6. GEOLOGÍA ECONÓMICA .....</b>	<b>41</b>
<b>6.1. Hidrogeología.....</b>	<b>41</b>
6.1.1. Climatología e hidrología .....	41
6.1.2. Hidrogeología.....	41
<b>6.2. Recursos minerales.....</b>	<b>43</b>
6.2.1.1. Rocas Industriales.....	44
6.2.1.2. Descripción de las Sustancias .....	44
6.2.2. Potencial minero .....	45
6.2.2.1. Rocas Industriales y Ornamentales .....	45
<b>7. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO.....</b>	<b>46</b>
7.1. Relación de los L.I.G.....	46
7.2. Descripción del Lugar .....	46
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>48</b>



## 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 práctica totalidad 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)

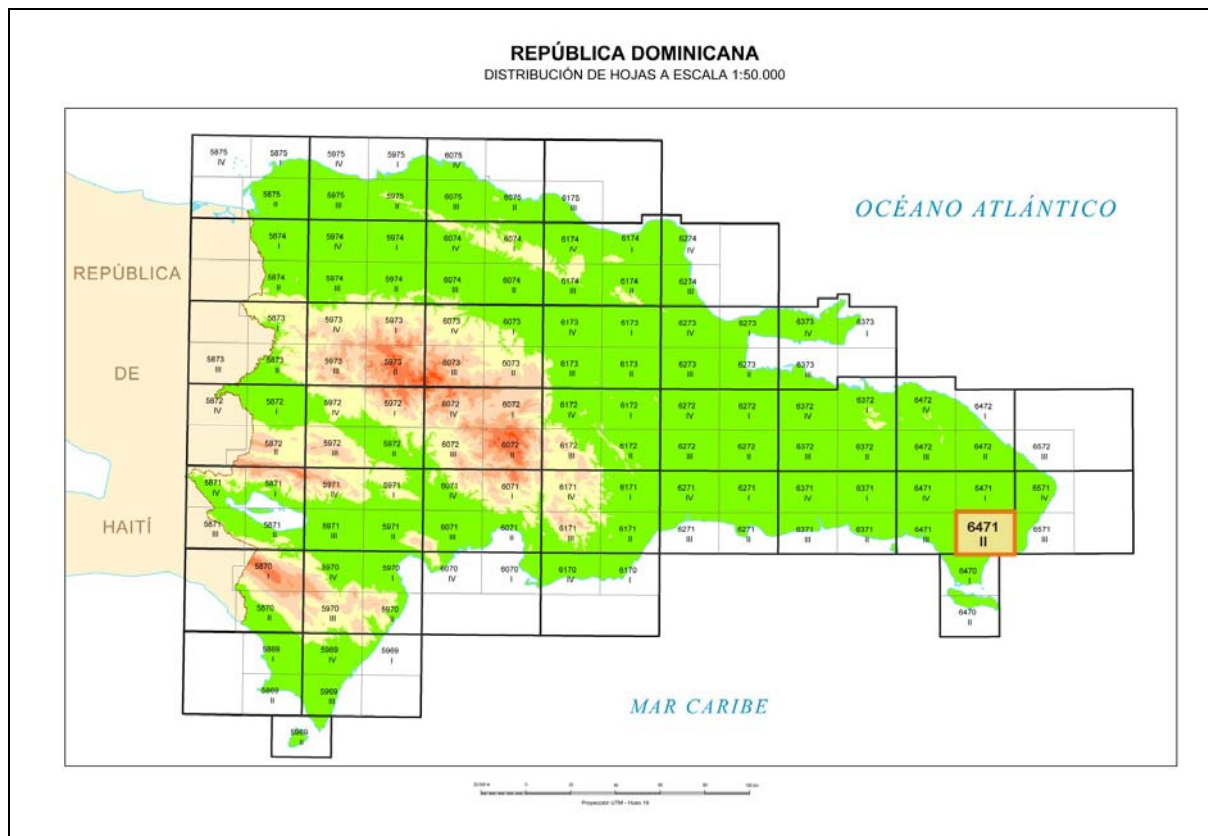
Salcedo (Río San Juan, 6174-I; Guayabito, 6174-II; Salcedo, 6174-III; y Gaspar Hernández, 6174-IV)

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 San Rafael de Yuma (6471-II)

Zona Sureste:

La Granchorra (La Granchorra, 6470-I; y Mano Juan, 6470-II)

Santo Domingo (Guerra, 6271-I; Boca Chica, 6271-II; Santo Domingo, 6271-III; y Villa Mella, 6271-IV)

San Pedro de Macorís (Ramón Santana, 6371-I; Boca del Soco, 6371-II; San Pedro de Macorís, 6371-III; y Los Llanos, 6371-IV)

La Romana (Higüey, 6471-I; San Rafael del Yuma, 6471-II; La Romana, 6471-III; y 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, 6071-I; y Baní, 6071-IV)

Zona Suroeste:

Isla Beata (Isla Beata, 5868-I)

Cabo Rojo (Cabo Rojo, 5869-I; y Punta Ceminche, 5869-II)

Enriquillo (Enriquillo, 5969-I; Oviedo, 5969-III, y Arroyo Dulce, 5969-IV)

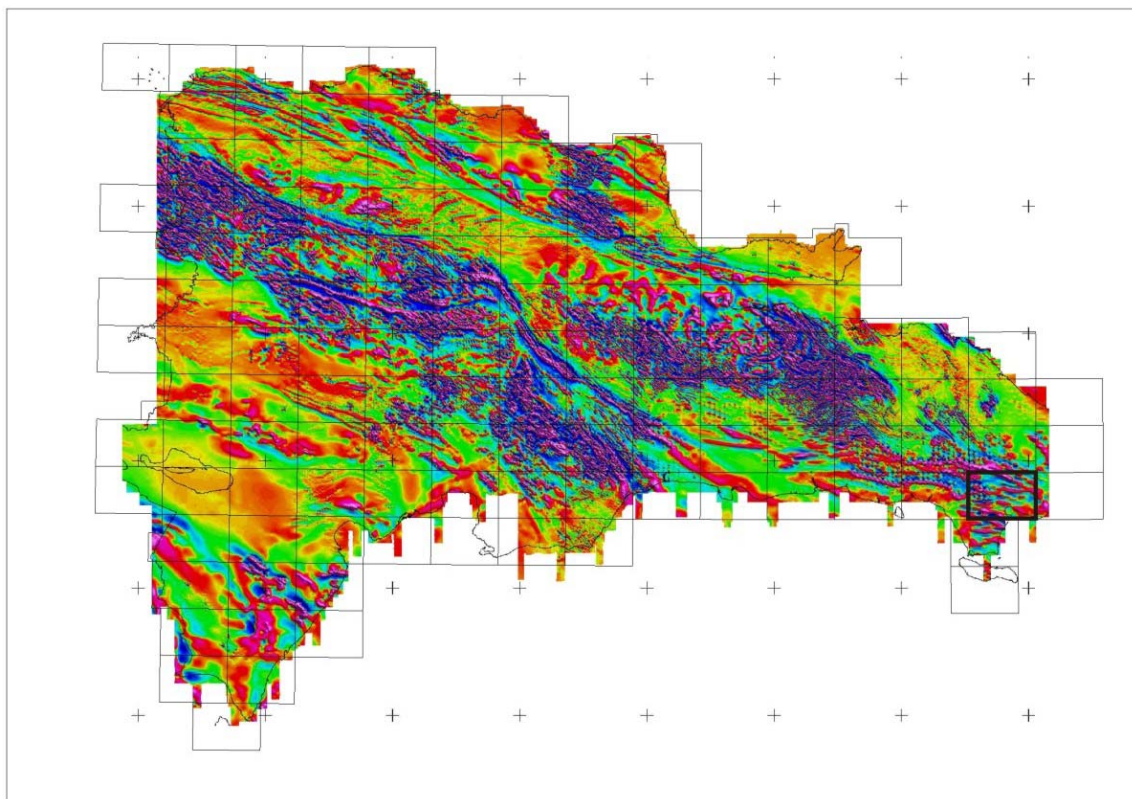
Pedernales (Puerto Escondido, 5870-I; y Pedernales, 5870-II)

Barahona (La Ciénaga, 5970-II; y Polo, 5970-III)

Ya que cada Hoja forma parte de un contexto geológico más amplio, la ejecución de cada una de ellas se ha enriquecido mediante la información aportada por las de su entorno, con frecuentes visitas a sus territorios; por ello, a lo largo de la presente memoria son frecuentes las referencias a otras Hojas, en especial a las contiguas.

Durante la realización de la Hoja a escala 1:50.000 de San Rafael de Yuma 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 subaflorescentes, 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 (La Romana, 6471).



**Fig. 1.2.** Mapa de gradiente vertical de la República Dominicana. Se indica la situación de la Hoja de San Rafael de Yuma

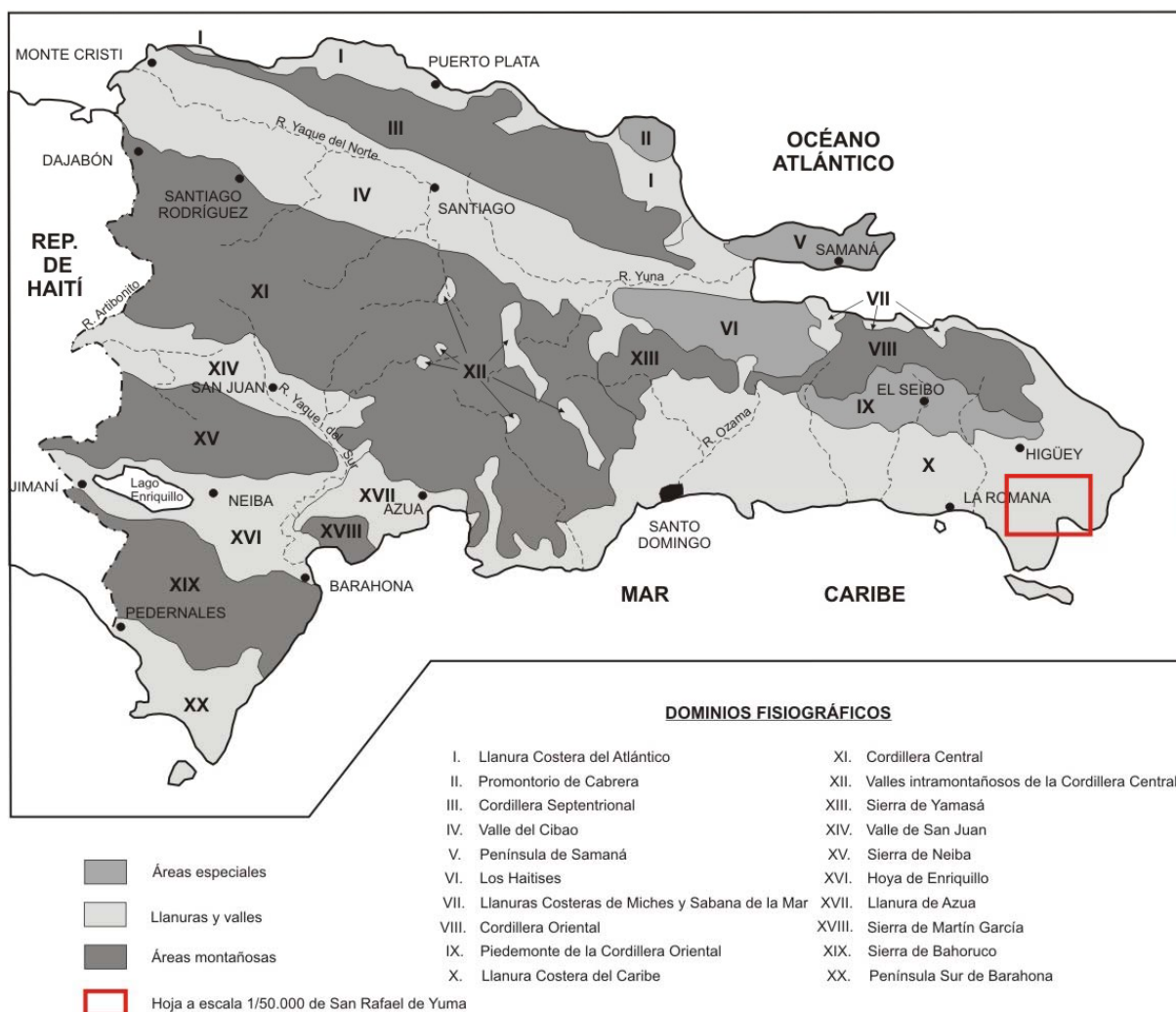
Todos los trabajos se efectuaron de acuerdo con la normativa del Programa Nacional de Cartas Geológicas a escala 1:50.000 y Temáticas a escala 1:100.000 de la República Dominicana, elaborada por el Instituto Tecnológico y Geominero de España y el Servicio Geológico Nacional de la República Dominicana, e inspirada en el Modelo del Mapa Geológico Nacional de España a escala 1:50.000, 2ª serie (MAGNA).

## 1.2. Situación geográfica

La Hoja a escala 1:50.000 de San Rafael de Yuma (6471-II) se encuentra situada en el extremo sureste de la República Dominicana, incluyéndose su territorio en los municipios de Boca de Yuma 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, Salvaleón de Higüey 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). Los límites meridional y oriental son el mar Caribe y océano Atlántico, respectivamente.

**DOMINIOS FISIAGRÁFICOS DE LA REPÚBLICA DOMINICANA (Modificado de De la Fuente 1976)**



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

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

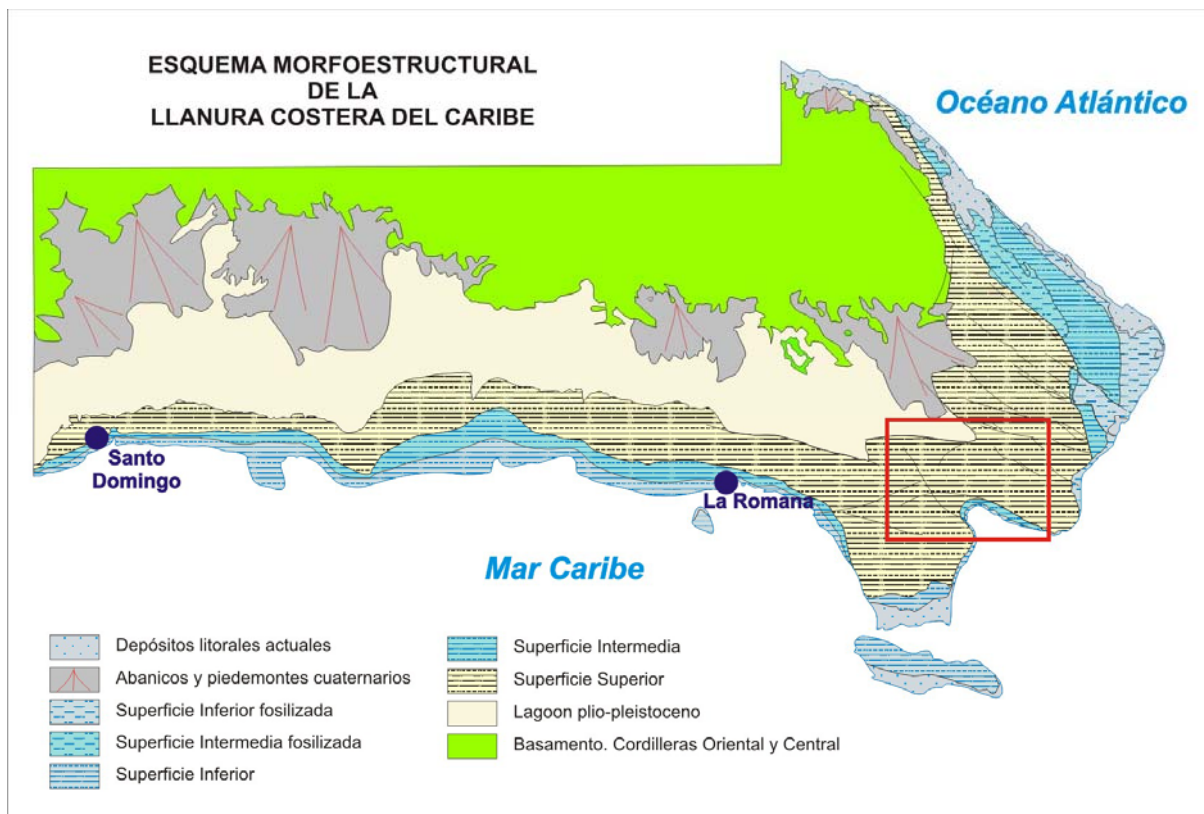
envergadura: Ozama, Higuamo, Soco, Cumayasa, Chavón y Yuma. Pese a la envergadura de éstos, en general se trata de una región con drenajes deficientes, especialmente en su franja costera, donde predominan las pérdidas de escorrentía superficial. Su litoral se configura principalmente como una costa baja,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

El rasgo más característico de la fisonomía de la Llanura Costera del Caribe se basa en la existencia de tres superficies principales escalonadas (Fig. 1.5), que en la Hoja alcanzan su máxima altitud en torno a La Cruz de los Rondones (117 m). No obstante, en la Hoja predomina la más alta, y las superficies inferiores se restringen únicamente al margen litoral de la Bahía de Yuma, donde se aprecia el paralelismo con respecto a la costa.

En la zona septentrional existe una extensa llanura que corresponde a una zona endorreica formada entre la superficie superior de los depósitos Pliocenos y los depósitos aluviales procedentes de la Cordillera Oriental. Esta llanura tiene continuación en un valle, depresión o planicie alargada de dirección NNO-SSE formada a partir de la combinación de fallas de la misma dirección y la paleogeografía dejada por los depósitos pliocenos. Esta depresión se cierra hacia el Sur aunque mantiene comunicación con la Bahía de Yuma a través del valle fluvial encajado del río Yuma.



**Fig. 1.4.** Modelo digital del terreno de la Cordillera Septentrional y situación de la Hoja de San Rafael de Yuma



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

La elevada pluviometría de la zona se resuelve de dos formas sensiblemente diferentes. En las franjas occidental y oriental se efectúa por infiltración a favor de la red kárstica desarrollada sobre los materiales calcáreos. En la zona central y septentrional predominan los drenajes deficientes con evidentes tendencias endorreicas puestas de manifiesto por numerosas lagunas, aunque como ya se ha mencionado anteriormente, en la parte central hay un drenaje a través del río Yuma.

La región posee un típico clima tropical (De la Fuente, 1976), suavizado por su carácter insular, con temperaturas medias de 25-26° C y precipitaciones de 1.400 mm/año; es frecuente la llegada de tormentas tropicales y huracanes, especialmente concentrados entre septiembre y octubre, observándose variaciones estacionales ligeras, siendo algo más acusadas las diarias. La estación lluviosa se extiende de marzo a diciembre y la seca, de diciembre a marzo.

La vegetación es de tipo húmedo subtropical, con existencia de extensos pastos y cultivos de caña de azúcar fuera del ámbito urbano de San Rafael de Yuma, aunque sobre el sustrato karstico donde hay escaso suelo y una fuerte pérdida de agua por infiltración prepondera el bosque seco subtropical. Un ejemplo de ambos tipos de vegetación se encuentra en el Parque Nacional del Este situado en la parte meridional.

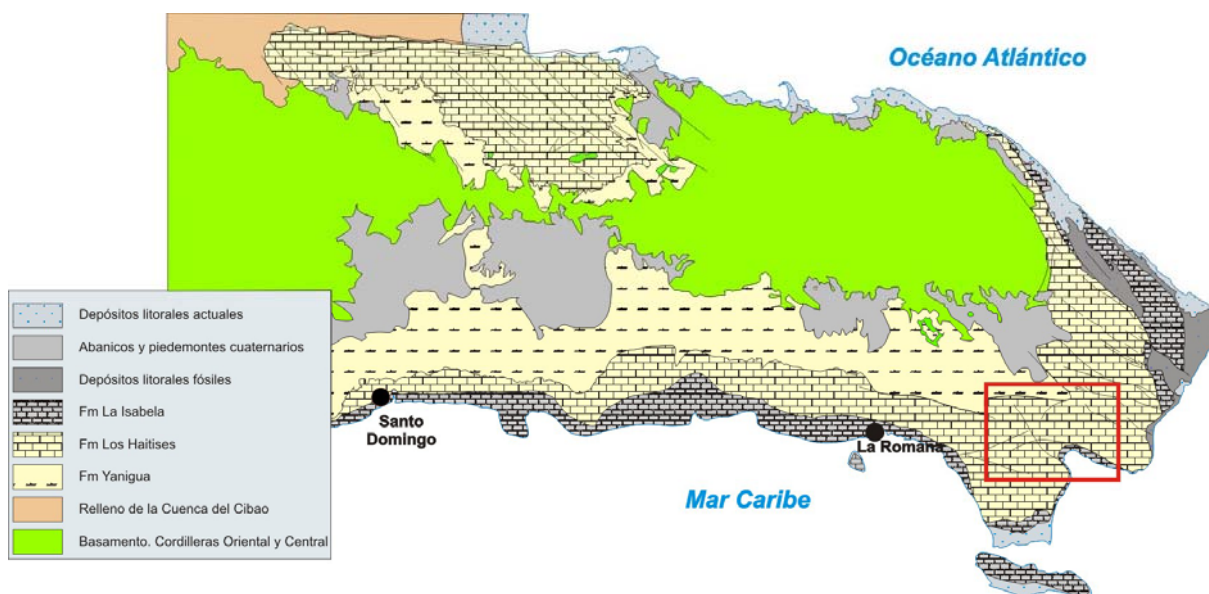
La población es escasa y está constituida por población rural que se encuentra distribuida en pequeños núcleos diseminados cuya actividad principal es la agrícola, fundamentalmente el cultivo de la caña de azúcar, destaca San Rafael de Yuma y Boca de Yuma, este último centrado en la actividad pesquera y turística.

La red de comunicaciones es muy escasa y se centra en la carretera que parte de la carretera principal de la Romana a Higüey y termina en Boca de Yuma. A partir de ésta salen numerosos caminos de mala calidad que tienen básicamente uso agrícola y ganadero. Además existe un entramado de vías de férreas utilizado exclusivamente para la recolección de la caña de azúcar.

### **1.3. Marco geológico**

La Hoja de San Rafael de Yuma 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.





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

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 de origen lacustre-endorreico, litoral y fluvial relacionados con la emersión de las plataformas. Además sobre la morfoestructura heredada de la plataforma de plio-cuaternaria han actuado los procesos externos a expensas de los materiales calcáreos, con mayor o menor intensidad el más destacado es la meteorización química de tipo kárstico.

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.

#### 1.4. Antecedentes

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, relacionados con la exploración petrolífera, 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 de las rocas ígneas; 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.

Un trabajo de escala local pero destacable es el realizado por Marcano y Tavares (1982) para definir las características sedimentológicas y paleontológicas de la Formación arrecifal, de edad pleistocena, "La Isabela", muy extendida en la vertiente norte de la Cordillera Septentrional.

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 las monografías elaboradas a partir de la información acumulada en los anteriores proyectos del Programa SYSMIN: Pérez-Estaún *et al.* (2002), relacionada con el Proyecto C, desarrollado fundamentalmente en la Cordillera Central y la cuenca de Ázua; y Pérez-Estaún *et al.* (2007), relacionada con los proyectos K y L, desarrollados básicamente en las cordilleras Central y Oriental, las sierras de Bahoruco y Neiba y las cuencas de Enriquillo y del Cibao. Entre estos hay que destacar por su interés tectónico el análisis de la estructura de la Cordillera Oriental, elaborado por García-Senz *et al.* (2007).

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 San Rafael de Yuma.

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. También hay que incluir la aproximación al análisis geomorfológico que hace Díaz de Neira *et al.* (2007) de la Llanura Costera del Caribe durante el estudio geomorfológico de la Cordillera Oriental.

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 San Rafael de Yuma afloran exclusivamente materiales cenozoicos, concretamente pliocenos y cuaternarios, que constituyen dos conjuntos netamente diferenciados (Fig. 2.1):

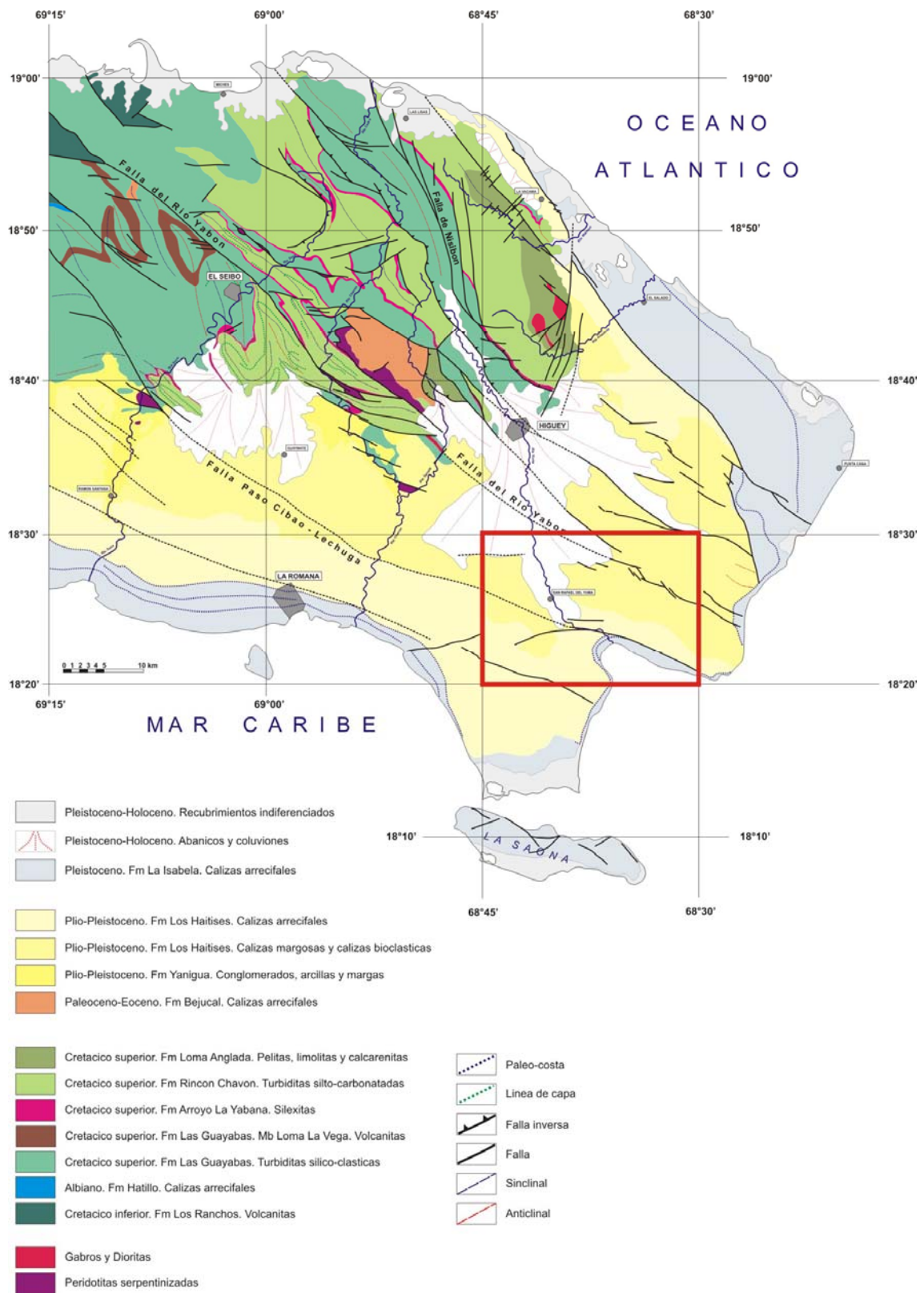
- Materiales pliocenos y pleistocenos, que configuran la morfoestructura de la zona. Se trata de rocas sedimentarias de origen marino y litoral, cuya disposición es el resultado de la acción combinada de la tendencia ascendente de la región y de las pulsaciones eustáticas.
- Materiales cuaternarios, 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 de la Hoja, 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

principalmente en el Pleistoceno y Holoceno. La Fm La Isabela está integrada mayoritariamente por calizas depositadas en plataformas arrecifales que migraron hacia el este y sur al desplazarse en dicho sentido la línea de costa. Su espesor visible supera los 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 suprayacentes, depositados tras la emersión de las plataformas y cuyo espesor máximo se aproxima a 3 m.

#### 2.1.1.1. Fm Los Haitises. (1) Calizas bioclásticas con bivalvos y gasterópodos. (2) Calizas con corales. Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior N<sub>2</sub>-Q<sub>1</sub>

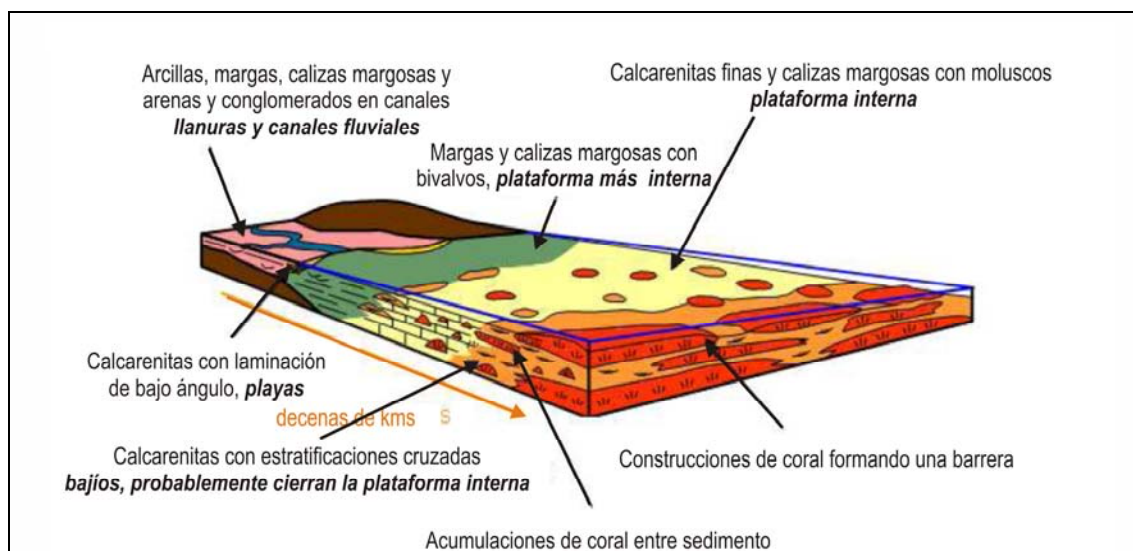
Se trata del conjunto calcáreo que constituye las zonas más elevadas, disponiéndose regionalmente a modo de umbral entre la franja litoral y las zonas deprimidas topográficamente, situadas al norte. Su límite hacia el litoral es especialmente evidente, coincidiendo con un destacado escarpe de hasta 30 m de desnivel, que constituye el principal elemento de referencia del paisaje de la zona.

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.

En general, aparece como un monótono conjunto de carbonatado gris a blanco, en las que el elevado contenido fosilífero es observable a simple vista. Las litologías son calizas bioclásticas con moluscos y gasterópodos y construcciones de corales que, 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.

Petrográficamente, aparecen como calizas fosilíferas (biomicritas) con grado de recristalización variable y porosidad de hasta el 10%, tanto primaria como secundaria. Texturalmente se han reconocido *wackstones* y *packstones* de peloides, *grainstone*, *packstones* y *wackstones* bioclásticos, y *packstones* de ostracodos y de *nummulites*, con proporciones variables de aloquímicos (14-83%), matriz (11-70%) y cemento (7-45%). El contenido de aloquímicos puede corresponder tanto a fósiles como peloides y oolitos.

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. El incremento en la proporción de corales en borde litoral ha permitido la individualización de un tramo cartográfico (unidad 2) dentro de la formación. Estas facies corresponden a un conjunto arrecifal, que en el caso de la zona elevada al noroeste de Bahía de Yuma, la emersión y actividad de las fallas cuaternarias se ha elevado permitiendo que se mantenga la geometría primitiva, de forma que se pueden distinguir las crestas correspondientes a las zonas bioconstruidas.



**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, Caráceas, 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, 4) Calizas arrecifales, calcarenitas con estratificación cruzada. Calizas margosas con gasterópodos y bivalvos y calcarenitas (Plataforma Superior). (5, 6) Calizas arrecifales, calcarenitas con estratificación cruzada. Calizas y calcarenitas con gasterópodos y bivalvos. (Plataforma Inferior). Pleistoceno Medio-Holoceno Q<sub>2-4</sub>

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 bandas dispuestas paralelamente al litoral a dos cotas diferentes, la superior a unos 20 m sobre el nivel del mar y la inferior a unos 6 m. Los escalones están limitados por paleoacantilados que en la zona meridional, Cabo Falso, llegan a superar los 30 m. La disposición que presentan las plataformas depende de la paleogeografía dejada por la plataforma de la Fm. Los Haitises, la tectónica activa y las variaciones eustáticas.

Están constituidas fundamentalmente por calizas arrecifales y calizas bioclásticas de grano fino correlacionables con los materiales similares que Marcano y Tavares (1982) definieron como Fm La Isabela en las proximidades de esta localidad. Pese a la escasez y deficiencia de afloramiento general en la zona, el litoral y el cañon fluvial del río Yuma permiten observaciones detalladas de estas unidades. 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. Estas facies en la desembocadura del río Yuma aparecen en clinofomas, con un buzamiento de 3-4° hacia el mar. En el caso del afloramiento de Punta Grande el cuerpo más joven presenta entre la matriz micritica abundantes cantos de calizas y cuarzos.

Estas facies corresponden a los restos conservados de arrecifes de coral in situ. 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*. Por su calidad, es preciso señalar el afloramiento de la playita de la desembocadura del río Yuma, donde se observa la zona de núcleo con gruesas ramas de *Acropora palmata* y en una secuencia por encima a ésta se reconoce la parte interior del núcleo, donde predominan los corales dómicos, *Montastrea annularis*.

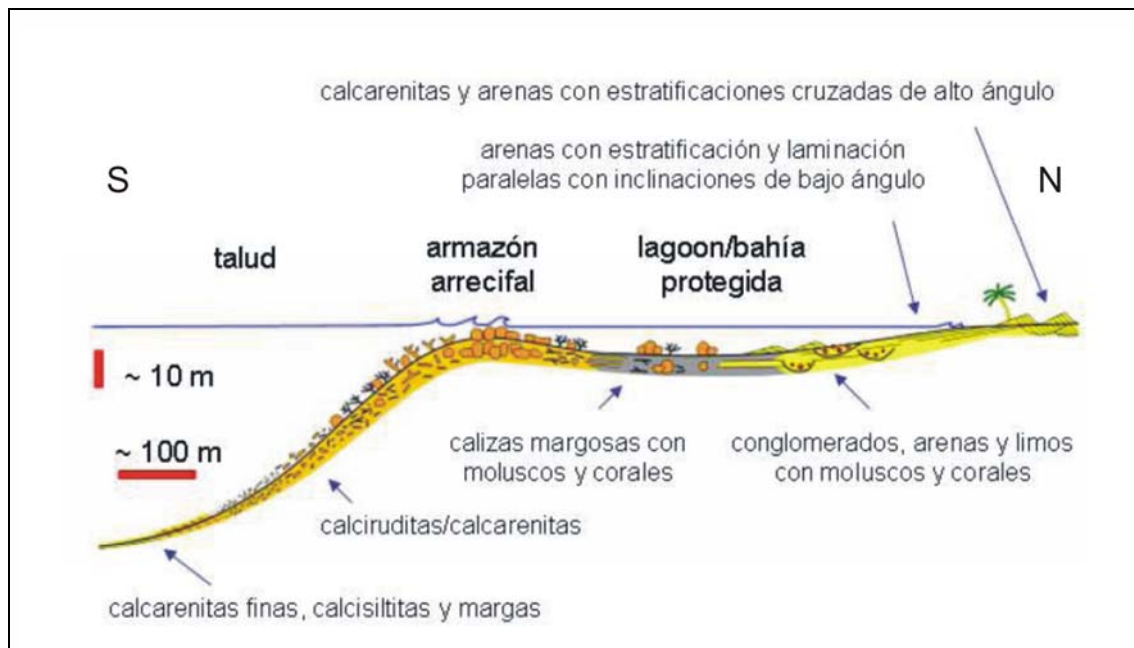
Hacia el mar las facies arrecifales pasan a calciruditas y calcarenitas bioclásticas compuestas por fragmentos de coral, moluscos, algas coralinas y Halimeda, equinodermos, foraminíferos y briozoos. Estas facies aparecen en cliniformas, con un buzamiento de hasta 20 grados en el afloramiento de los márgenes del río Yuma (Fig. 2.3). Estas facies corresponden a la 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, a las que se incorporan también los restos de los organismos que vivieron mar adentro sobre el talud de derrubios del arrecife (Braga, 2010).



**Fig. 2.3.** Clinoformas de calizas bioclásticas a lo largo del río Yuma.

Los depósitos de *lagoon* (Unidades 4 y 6) presentan normalmente litologías de calcarenitas finas, ricas en micrita (*packstones*), con restos de moluscos, generalmente moldes, algas rojas, oolitos, ostrácodos, miliólidos, briozoos y corales (*Montastrea* y *Diplora*), algunos de ellos en posición de vida. Puntualmente se encuentran concentraciones de conchas de moluscos y cantos siliciclásticos. Forman cuerpos parcialmente horizontales aunque se distingue muy mal la estratificación. Petrográficamente, aparecen como calizas fosilíferas (biomicritas) con grado de recristalización variable y porosidad tanto primaria (moldica e interpartícula) como secundaria, de hasta el 11 %. Presentan diversas texturas, pero siempre con carácter bioclástico o pelmicrítico, mostrando proporciones variables de aloquímicos (28-54%), matriz (5 - 72%) y cemento ( $\pm 20\%$ ), correspondiendo los componentes aloquímicos a algas rojas, bivalvos, peloides, oolitos, ostrácodos y, ocasionalmente, intraclastos.

Este conjunto de facies representa los restos conservados *in situ* de arrecifes de coral, muy semejantes, tanto en componentes como en la zonación de la composición, a los arrecifes actuales del Caribe (Fig. 2.4).



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

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 las unidades 5 y 6), 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). Extrapolando las tasas de levantamiento calculadas (Fig. 2.5) a la plataforma consecutivamente más alta (equivalente de la unidad 3), cuyo techo en dicha zona está a 20 m, tendría una edad de 400 ka, lo que sugiere que la terraza se generó en el MIS 11, marcado por un pico de nivel relativo de mar alto, muy similar al actual. De acuerdo con estas edades y teniendo en cuenta que en algunas zonas litorales hay pequeños restos de bioconstrucciones adheridas a la última de las plataformas marinas, datada por Díaz del Olmo y Cámara (1993) en la zona Bayahibe en 4,5 ka, el depósito de la Fm La Isabela en esta área de la Llanura Costera del Caribe se habría producido durante el Pleistoceno Medio-Holoceno.

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

FORMACIÓN	TERRAZA MARINA		UNIDAD CART.	SUPERFICIE DE LA LLANURA COSTERA DEL CARIBE EQUIVALENTE	COTA (m)		DATACIÓN (ka)	TASA DE ELEVACIÓN (mm/año)	EDAD	ESTADIO ISOTÓPICO
	JUAN DOLIO	BAHIA YUMA			JUAN DOLIO	BAHIA YUMA				
LA ISABELA	r1	r1	5 y 6	INFERIOR	3		36,1	0,083	PLEISTOCENO SUPERIOR	MIS 3
	r2				6	6	121±9	0,050		MIS 5e
	r3	r2	3 y 4	INTERMEDIA		20	400	0,050	PLEISTOCENO MEDIO	MIS 11
					26		313,3	0,083		MIS 9
	r4				32		385,5	0,066		MIS 11
LOS HAITISES	r5?	r3?	1 y 2	SUPERIOR	40		781,0	0,051	PLEISTOCENO INFERIOR	126 ka
					40	60		0,077		
						60	3.500,0	0,011	PLIOCENO	781 ka
								0,017		1806 ka
										3500 ka

121: datación absoluta (Schubert y Cowart, 1982)

**Fig. 2.5.** Tasa de elevación y edad de las unidades arrecifales de la Hoja de San Rafael de Yuma en el contexto de la Llanura Costera del Caribe occidental

2.1.2. Holoceno

Los depósitos cuaternarios posteriores a la Fm La Isabela y Los Haitises poseen carácter fluvial, marino-litoral, lacustre-endorreico, y kárstico.

2.1.2.1. Fondo de dolinas. (7). Arcillas de descalcificación. Pleistoceno-Holoceno. Q<sub>2-4</sub>

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

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. Terrazas. (8) Gravas, arenas y limos. Pleistoceno-Holoceno. Q<sub>2-4</sub>

Sus principales manifestaciones se encuentran ligadas al río Yuma (Duey), aunque son de pequeña extensión ya que el río se encuentra bastante encajado en las calizas pliocenas. Están constituidas por granulometrías más finas, fundamentalmente por arenas y limos pardos con frecuentes intercalaciones de gravas de hasta 30 cm

aunque la media es inferior a 10 cm, predominan los cantos de calizas cretácicas no obstante también hay cantos pliocenos. La potencia oscila entre 2 y 4 m.

Por lo que respecta a su edad, en función del grado de incisión de la red actual en ellas, se atribuyen tentativamente al Pleistoceno y el Holoceno respectivamente.

#### 2.1.2.3. Depósito endorréico. (9). Arcillas y limos. Pleistoceno- Holoceno. Q<sub>2-4</sub>

Se encuentra ampliamente representados en el sector septentrional de la Hoja, aunque poco puede decirse de su composición ante la falta de cortes; tan sólo su composición lutítica de tonos pardos y grises oscuros con un cierto contenido de materia vegetal. Se trata del depósito de áreas de drenaje deficiente, entre los abanicos aluviales procedentes de la Cordillera Oriental y los altos de la Fm. Haitises. Su espesor tampoco ha sido determinado, aunque sin duda varía sensiblemente en función de las dimensiones del fondo, pero probablemente esté comprendido entre 2 y 4 m. Se incluyen en el Pleistoceno-Holoceno

#### 2.1.2.4. Glacis. (10) Lutitas abigarradas y arenas con cantos. Pleistoceno-Holoceno. Q<sub>2-4</sub>

Se concentran fundamentalmente en la parte central de la Hoja. No existen buenos afloramientos, normalmente borde de cunetas de caminos, pero teniendo en cuenta la pendiente y los buzamientos del sustrato su potencia máxima debe aproximarse a los 3 o 4 metros sobre la Fm. Haitises.

Están constituidas por lutitas y arcillas pardo-rojizas con intercalaciones ocasionales de cantos de calizas pliocenas, la cantidad de cantos y la naturaleza de éstos la diferencia de la unidad anterior. Normalmente, están fuertemente alteradas por el suelo reciente, y en su parte superficial le dan un aspecto abigarrado.

En cuanto a su edad, al igual que la unidad anterior, su base queda acotada por el techo de la Fm Haitises (Plioceno-Pleistoceno Inferior), por lo que se le ha atribuido una edad Pleistoceno Medio- Holoceno.

#### 2.1.2.5. Fondo de valle. (11). Arcillas y arenas con gravas. Holoceno. Q<sub>4</sub>

Situados a lo largo del río Yuma y de las pequeñas cañadas que vierten hacia él, están constituidos fundamentalmente por arenas con cantos y bloques de composición carbonatada e ígneo-metamórfica de edad Cretácico y Plioceno, debido a que se nutre de materiales del basamento de la Cordillera Oriental y del sustrato calcáreo de la Fm Los Haitises; por su parte, los elementos menores de la red suelen presentar un predominio lutítico con intercalación de cantos calcáreos pliocenos.

Aunque no existen cortes que permitan determinar su espesor, éste no debe superar los 2 m. Por su actividad actual se asignan al Holoceno.

#### 2.1.2.6. Coluvión. (12) Arenas y limos con cantos de naturaleza carbonatada. Holoceno. Q<sub>4</sub>

Se localiza en los contornos de los relieves más abruptos de la Fm. Haitises, normalmente sobre los depósitos endorreicos, en la parte septentrional de la Hoja. Están compuestos de cantos heterométricos subangulosos englobados en una matriz areno-arcillosa, procedentes del desmantelamiento de las vertientes; por ello, la naturaleza de sus componentes es de rocas del plio-pleistoceno.

Su potencia y características internas también son variables, no pudiendo precisarse aquélla por ausencia de cortes netos, aunque se deducen potencias de orden métrico. Se les atribuye al Holoceno.

#### 2.1.2.7. Dunas. (13). Arenas finas carbonáticas. Holoceno. Q<sub>4</sub>

Se trata de un estrecho cordón dunar longitudinal a la costa, situado en las proximidades de Cabo Falso y superpuesto a la terraza más baja de la Fm. La Isabela. Tiene una anchura aproximada de un centenar de metros, y una potencia que no supera los 3 m. Está constituido por arenas finas blancas bioclasticas, y normalmente, se encuentran fijadas por palmeras. Por su funcionalidad actual se ha incluido en el Holoceno.

#### 2.1.2.8. Paleoplaya. (14). Arenas y gravas bioclásticas cementadas. Holoceno. Q<sub>4</sub>

Se encuentran superpuestas a la plataforma inferior de la Fm. La Isabela. Fácilmente reconocibles en la zona de la Bahía de Yuma, están constituidas por arenas bioclásticas y calcarenitas heterométricas con fragmentos de corales, bivalvos y cantos redondeados con estratificación paralela inclinada hacia el mar y ripples en las litologías más finas. Pueden aparecer intercalaciones conglomeráticas de fragmentos de corales y bivalvos con estratificación cruzada. La potencia puede superar los 2 metros. Se las ha datado como holocenas.

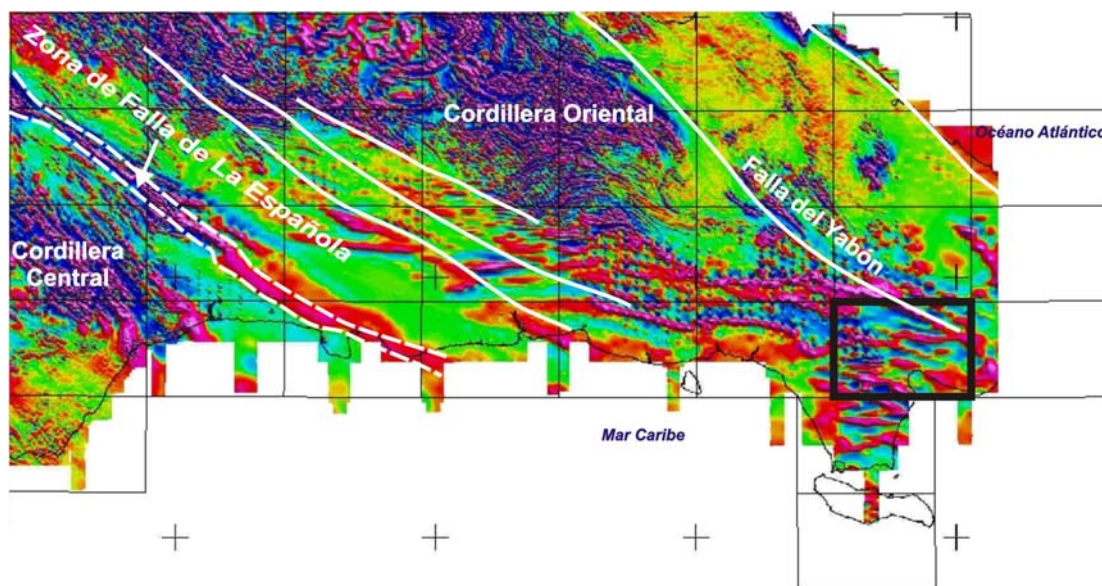
#### 2.1.2.9. Zona Pantanosa. (15) Arcillas y fangos organógenos. Q<sub>4</sub>.

Poseen tan sólo una pequeña representación, en la zona meridional de la Hoja. La falta de cortes impide que se pueda aportar mucho en cuanto a su composición, tan solo que está compuesta de lutitas negras con moteados de tonos pardos debido al alto contenido de carbonato. La potencia probablemente no supere más de unos metros. Por su actividad presente se asignan al Holoceno.

### 3. TECTÓNICA

#### 3.1. Estructura

La Hoja de San Rafael de Yuma (6471-II) 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.

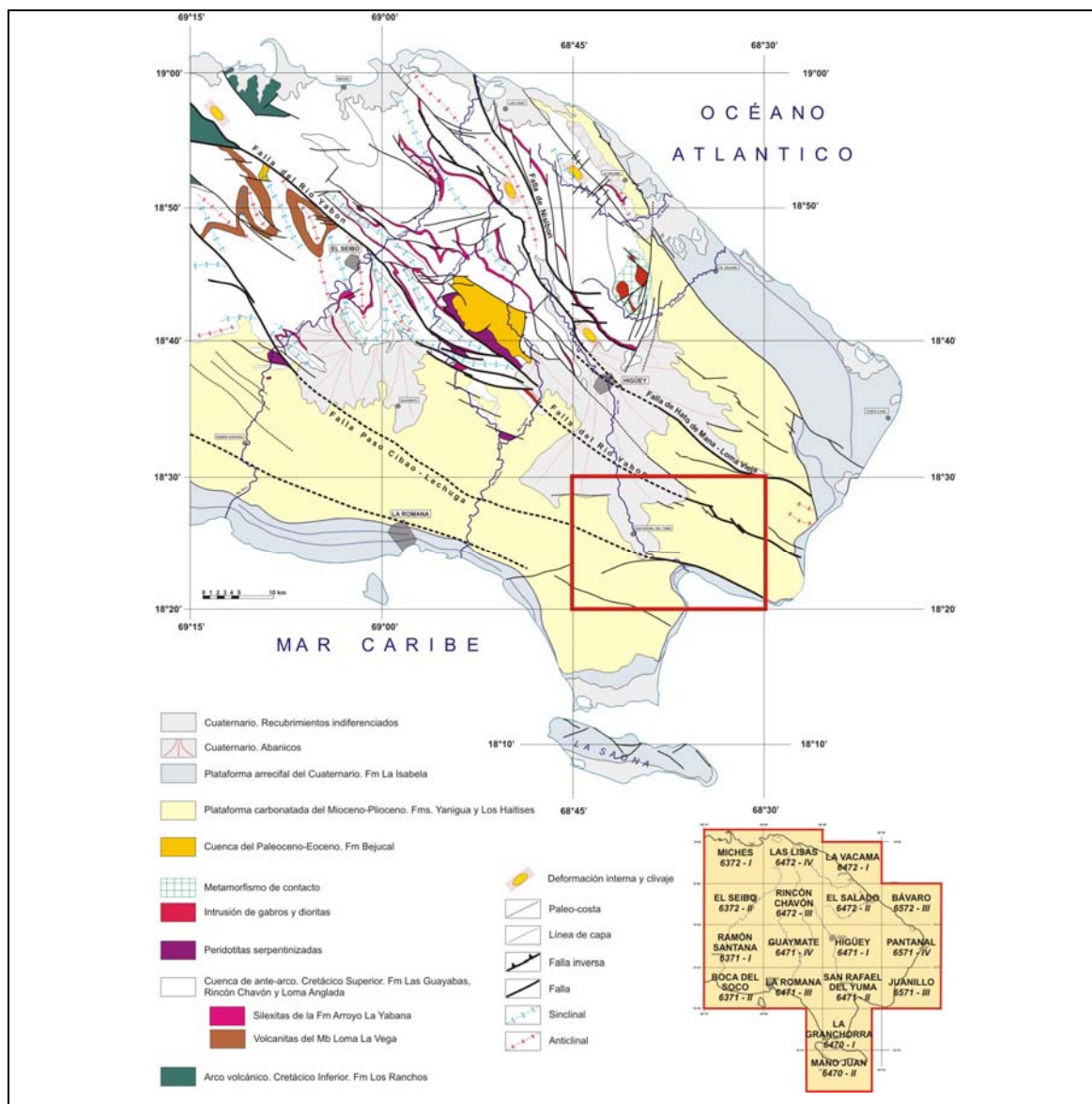


**Fig. 3.1.** Principales estructuras del subsuelo de la Llanura Costera del Caribe deducidas del mapa de Gradiente vertical

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 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 San Rafael de Yuma

Una buena parte de las estructuras observada en la cartografía de Hoja parece ser reflejo de la estructuración del sustrato cretácico, según se muestra en el mapa de gradiente vertical (Fig. 3.1). Así, se reconoce la compartimentación en bloques, según estructuras NO-SE, que actuarían a modo de prolongación de las fallas de desgarre sinestrales de la Cordillera Oriental. Una de estas estructuras más evidentes es la Falla del Río Yabon que en la Hoja tiene su prolongación en superficie en el conjunto de fallas de Palo Macho (Fig. 3.3).

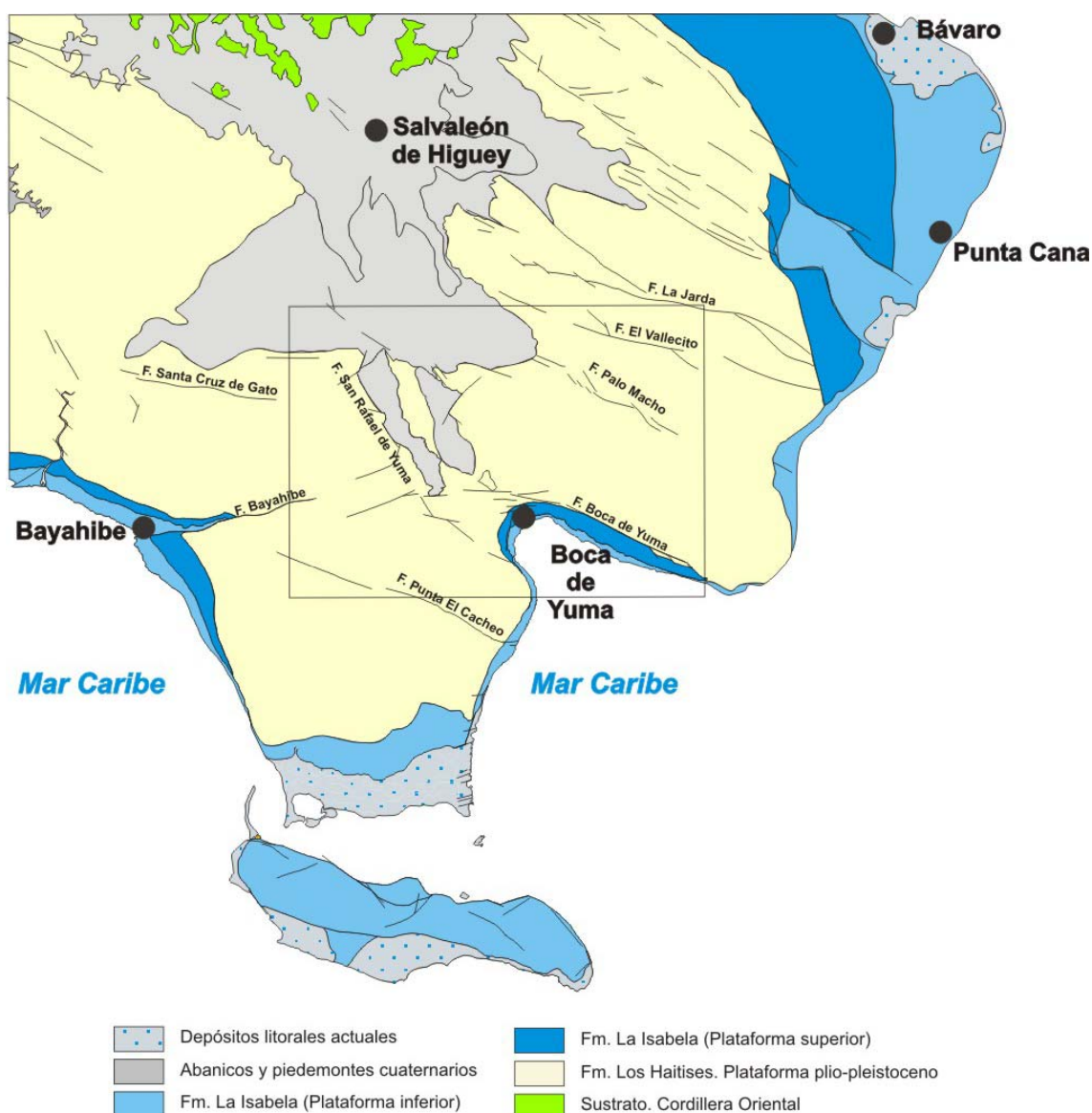
El principal rasgo tectónico de la Hoja es la presencia de una red de fracturación de orientaciones NNO-SSE, NE-SO, ESE-ONO y E-O. Se trata de una red muy marcada al afectar a los rígidos materiales calizos de las Fms. Los Haitises y La Isabela, sobre los que ha dado lugar a un desnivelamiento de bloques con un reflejo morfológico evidente. Entre éstas, las fallas principales por su incidencia paleogeográfica y morfológica son las de Boca de Yuma, San Rafael de Yuma y la zona de Palo Macho, que tienen direcciones NNO-SSE y NO-SE.

La zona de la Falla de Palo Macho de orientación NO-SE es un conjunto de fallas de pequeña longitud de direcciones NNO-SSE y ONO-ESE, que se escalonan hacia el este con un salto acumulado de más de 30 metros. La geometría del conjunto de fallas muestra un movimiento desgarre. La elevación que se produce de las calizas plio-pleistocenas del bloque meridional ha contribuido a la formación de la zona endorréica que está al sur del abanico aluvial de Higuey. Probablemente, el conjunto tenga continuidad bajo los depósitos endorreicos como indica las morfologías rectilíneas que dejan algunos tramos del río Yuma y sus afluentes.

La falla de San Rafael de Yuma con dirección NNO-SSE tiene un carácter rectilíneo con pequeños retoques por fallas menores ONO-ESE, prolongación de la falla de Santa Cruz de Gato (Hoja 6471-III, La Romana). Por el sur finaliza en un grupo de fallas asociadas a la Falla de Bayahibe (Hoja 6471-III, La Romana), que tiene un marcado movimiento de desgarre hasta la actualidad. La falla eleva el bloque oriental en más de 30, constituyendo el lado oriental del suave valle de San Rafael de Yuma.

La falla de Boca de Yuma de dirección NO-SE constituye el límite entre las Fms. La Isabela y Los Haitises, y posiblemente junto a una serie de fallas de escasa longitud

situadas al sur de Boca de Yuma han sido las responsables de la geometría de la Bahía de Yuma (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. Además, según la anomalía del gradiente vertical (Fig. 3.1.), esta falla junto con la falla de Santa Cruz del Gato, al noroeste (Hoja 6471-III, La Romana), constituyen la continuación de la Falla del Paso Cibao-Lechuga (Fig. 3.2.)



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

El conjunto de fallas ESE-ONO y E-O tienen menor longitud y menor incidencia morfológica, aunque han participado de igual manera en la compartimentación en bloques de la plataforma carbonatada plio-pleistocena y en la formación del área endorreica. Además la actividad de este conjunto parece tener continuidad hasta

prácticamente la actualidad puesto que afectan a los niveles más recientes de la Fm. La Isabela.

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 ( $121 \pm 9$  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 10 m de altitud máxima en dicha zona. Esta terraza mantiene unas cotas muy similares en el ámbito de la Hoja, deduciéndose un levantamiento de 0,050 a 0,083 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). Por tanto, desde el MIS 5e (117-128 ka) esta zona de la Llanura Costera del Caribe ha estado elevándose con una velocidad media bastante moderada.

Extrapolando dichas tasas para el segundo nivel más importante, que se continúa perfectamente a lo largo de toda la Llanura Costera del Caribe, y por tanto, todo él es sincrónico, las edades obtenidas coinciden aproximadamente con el estadio isotópico 11. Para obtener dicha edad la tasa de elevación en el área de la Bahía de Yuma debe mantenerse en torno a 0,050 mm/año, es decir, para todo el Pleistoceno medio y superior la tasa de elevación es muy constante y no muy alta si la comparamos con otros bloques de la llanura costera.

El levantamiento, en cualquier caso, 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, en el ámbito de Juan Dolio presentan su altitud próxima a +40 m. Considerando que el depósito de las calizas concluyó en el Pleistoceno Inferior (781 ka), la tasa de levantamiento sería de 0,077 mm/año, mientras en la parte oriental sería de 0,051 mm/año teniendo en cuenta que las calizas están a +60m. 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 0,017 mm/año y 0,011 mm/año. En cualquier caso, estas tasas de elevación corresponde a un orden de magnitud similar a la calculada para la Fm La Isabela y resulta sensiblemente inferior a la experimentada por la Fm Los Haitises en otros lugares de la isla, como las Cordilleras Oriental y Septentrional.

## **4. GEOMORFOLOGÍA**

### **4.1. Análisis geomorfológico**

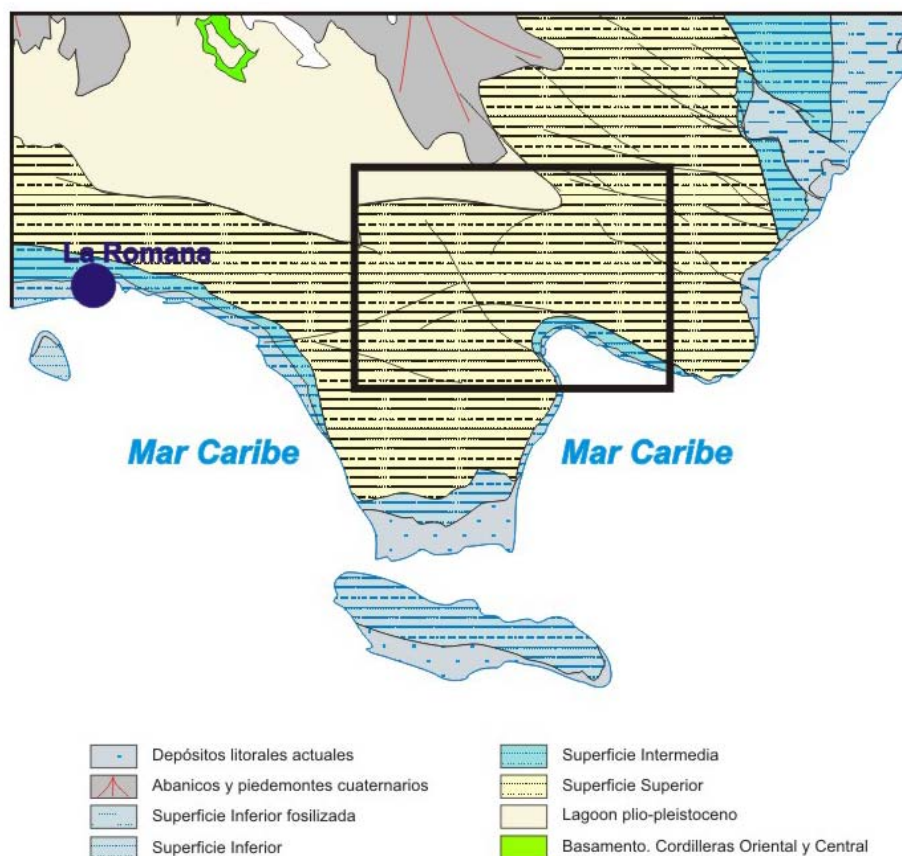
En el presente capítulo se trata el relieve desde un punto de vista puramente estático, entendiendo por tal la explicación de la disposición actual de las distintas formas, pero buscando al mismo tiempo el origen de las mismas (morfogénesis). Se procede a continuación a la descripción de las distintas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

En general, el relieve de la zona está condicionado en gran medida por la naturaleza y la disposición de los materiales que la conforman. Así, los materiales sedimentarios plio-pleistocenos están condicionados por la morfología de plataforma carbonatada que ocupaba la región durante dicho periodo, por tanto, constituye prácticamente toda una superficie estructural que en su mayor parte ha sido erosionada. Los depósitos arrecifales pleistocenos-holocenos se ajustan al aterrazamiento ocasionado por las variaciones eustáticas y la tectónica (Fig. 4.1 y 4.2).

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



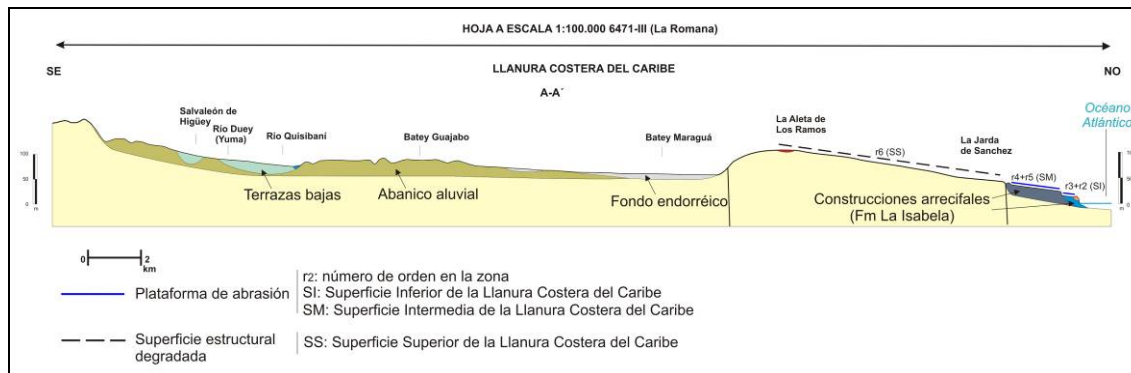
**Fig. 4.1.** Esquema morfoestructural del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe

#### 4.1.1.1. Formas estructurales

Se distribuyen por todo el ámbito de la Hoja. En el caso de las formas estructurales corresponden fundamentalmente a *fallas* y *fallas supuestas* con expresión morfológica de dirección NNO-SSE, NO-SE y E-O siendo su expresión principal la delimitación de bloques. Afectan a la Fm Los Haitises y, en menor medida, a las dos plataformas de la Fm La Isabela y están ligados a los desgarres relacionados con el sistema de fallas de la Cordillera Oriental.

Por otra parte, las morfologías condicionadas por la distinta resistencia ofrecida por los materiales aflorantes a la erosión, o litoestructurales, consisten fundamentalmente en *superficies estructurales degradadas* o ligeros *retoques erosivos* generadas a techo de niveles calcáreos de la Fm Los Haitises (Fig. 4.2). En este caso, se trata de la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe (Fig. 4.1), que alberga las cotas más elevadas de la llanura en la región sobrepasando valores de +100 m. La superficie original se encuentra sensiblemente trastocada por numerosas fallas (Fig.

4.2) 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

#### 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 y fluvial.

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

Poseen escasa relevancia debido al predominio de las grandes planicies y se reducen básicamente a formas sedimentarias entorno al río Yuma. Entre las formas erosivas se han reconocido: la *incisión lineal en v*, que en algunos tramos parece estar condicionado por la estructura; y el *cañon fluvial*, que se ubica en la desembocadura del río Yuma. El dispositivo paleogeográfico y la litología son los principales condicionantes de la geometría de la red de drenaje, así en la zona septentrional, donde se encuentra el área endorreica formada por el umbral que constituyen las calizas plio-pleistocenas, el río Yuma pierde parcialmente el drenaje, su caudal se reduce, y por tanto, la incisión es muy suave. En cambio, en el cauce bajo el río se encuentra fuertemente encajado en el umbral formado por las calizas bioconstruidas.



Las formas sedimentarias se restringen a: *fondos de valle, terrazas y abanicos aluviales de baja pendiente.*

Los *fondos de valle* que tienen formas muy estrechas y en muchos casos coinciden con canales de estiaje. Las *terrazas* fluviales son bajas y tienen *escarpes* muy erosionados. Se trata de terrazas bajas del río Yuma, con cotas en torno a + 3 m sobre el cauce, pequeñas y estrechas que se encuentran en el curso medio donde el sustrato es más cohesivo, posiblemente porque es más carbonático. Los depósitos más extensos corresponden a *abanicos aluviales de baja pendiente* que parten de los relieves relictos de las plataformas plio-pleistocenas elevadas por las distintas fallas.

Como principales factores en la futura evolución de la red deben tenerse en cuenta: las posibles modificaciones eustáticas del nivel de base; el retroceso de las vertientes; la erosión remontante y las posibles capturas derivadas de ella, especialmente en lo que afecta al endorreísmo del sector central y oriental.

#### 4.1.2.2. Formas lacustres y endorreicas

Se trata de *lagunas, áreas endorreicas y charcas* de muy pequeña escala y ampliamente extendidas por toda la parte septentrional de la Hoja. Por su extensión destaca el área endorreica ubicada en el sector más septentrional, que actualmente se encuentra completamente cultivada por caña de azúcar. El área está limitada por las calizas bioconstruidas plio-pleistocenas y los abanicos aluviales procedentes de la Cordillera Oriental. Se trata de zonas de drenaje deficiente con abundante vegetación. Las *lagunas y charcas* con formas más redondeadas responden a procesos de disolución de los materiales carbonatados del sustrato.

#### 4.1.2.3. 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 pertenecientes a la Fm La Isabela, sobre las que se han desarrollado *plataformas de abrasión* que con disposición escalonada dispuestas en paralelo al litoral, se reconocen por toda la zona. En la Bahía de Yuma, sólo reconocemos dos superficies a +6 m (r1) y +20 m (r2), que corresponden a la Superficie Inferior e Intermedia de la Llanura Costera del Caribe (Fig. 4.1), respectivamente, sobre la más baja han

quedado restos de *playas fósiles*. Si bien, como ya se ha señalado, la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe (+40-80 m), esculpida sobre la Fm Los Haitises, puede constituir realmente la plataforma de abrasión más antigua ( $r_3$ ) (Fig. 2.4).

Las plataformas están delimitadas por *acantilados fósiles*, más o menos degradados, que aparecen como escarpes verticalizados de orden decamétrico a métrico. El paleoacantilado entre las dos plataformas superiores ( $r_2$  y  $r_3$ ) posee un fuerte desnivel, superior a los 25 m en la zona de Cabo Falso donde o no se formó o ha sido erosionada la plataforma intermedia por las posteriores variaciones marinas. Por lo que respecta a los *acantilados* actuales, aunque prácticamente continuos a lo largo de toda la zona, poseen una envergadura más modesta, con valores medios cercanos a 3 m, que localmente pueden desaparecer debajo de estrechas *playas*.

El elemento más característico es la presencia de retazos de paleoplayas elevadas que en el borde septentrional de la Bahía de Yuma está a más de 5 m sobre el nivel del mar.

#### 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, pudiendo considerarse como un *área con intensa karstificación*. En los alrededores de Boca de Yuma la expresión morfológica son *dolinas de fondo plano* y profundidad de hasta 15 m, que se formaron por la disolución parcial del sustrato plioceno. En algunas áreas son tan numerosas que forman pequeños *campos de dolinas* y fusionan formando pequeños *uvalas*. Ésta alcanza su principal expresión en el *campo de dolinas* existente al noroeste de Boca de Yuma, cuya morfología evoca una incipiente región de Los Haitises. Las *dolinas* son las formas más características, alcanzando más de 300 m de diámetro al norte de Boca de Yuma; también son frecuentes las *uvalas* por confluencia de varias de ellas. En cualquier caso, la forma más extendida corresponde al *campo de lapiares* desnudo visible por toda la zona.

Existen evidencias de un notable desarrollo endokárstico, como indican las numerosas *cuevas* desarrolladas en toda la zona sublitoral. Las más destacadas son las cuevas

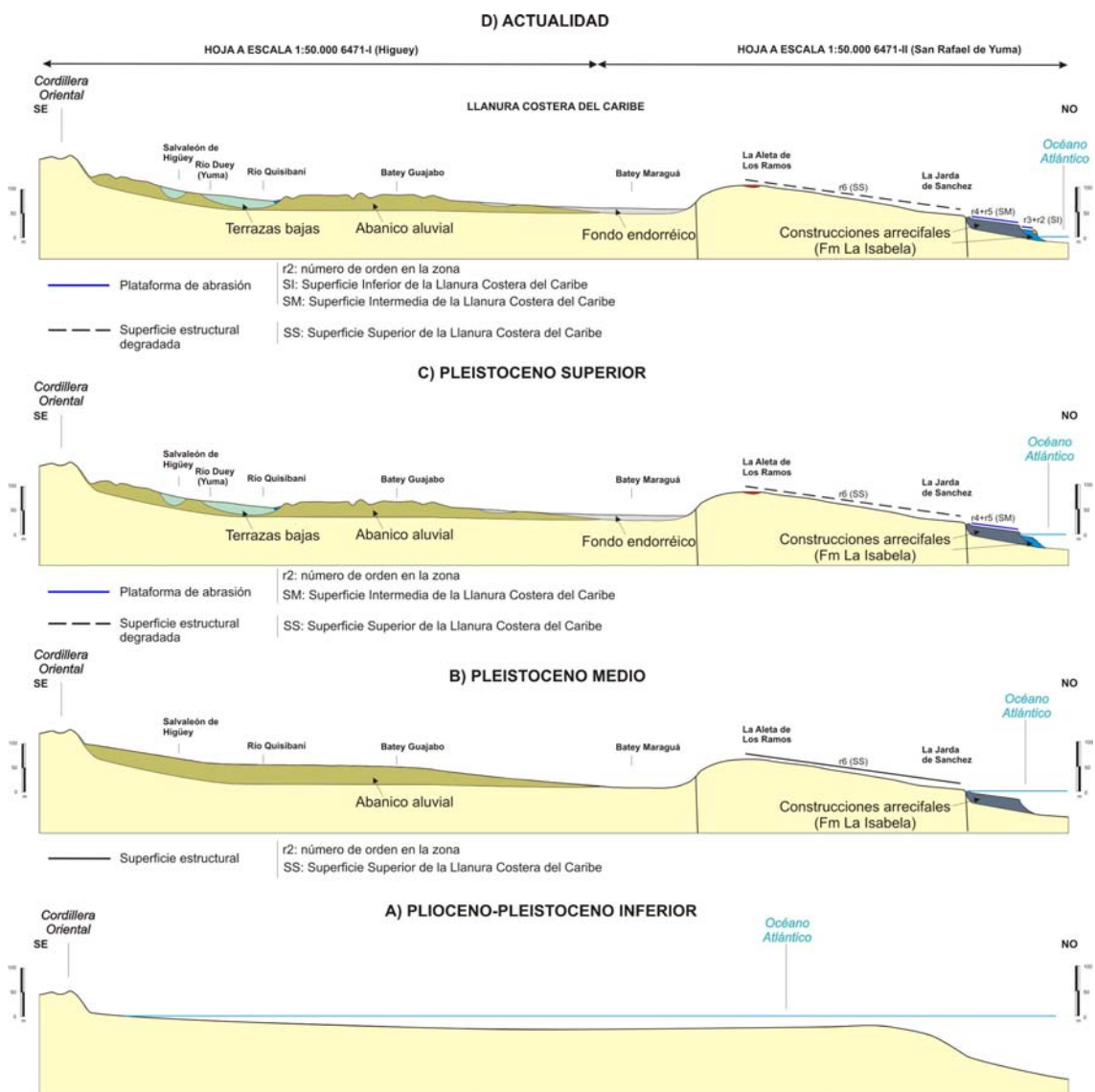
de Berná, de la Javilla, del Hoyo de Pia y de Bienve, todas ellas con pictografías taínas.

#### 4.2. Evolución e historia geomorfológica

La fisonomía actual empieza a perfilarse durante el Plioceno donde el área comprendida dentro de la Hoja formaría parte de una extensa plataforma carbonatada situada al sur de la actual Cordillera Oriental, restringida durante dicha época a una serie de islas e islotes, a modo de archipiélago (Díaz de Neira *et al.*, 2007). La evolución y la historia geomorfológica de la zona están determinadas por la tendencia ascendente de dicha plataforma a lo largo del Cuaternario (Fig. 4.3).

La característica básica de la plataforma pliocena (Fig. 4.3a) es la presencia de una barrera arrecifal (Fm Los Haitises) de orientación E-O y en el sector oriental N-S, que protegería un amplio *lagoon* (Fm Yanigua), que recibiría descargas terrígenas procedentes de la incipiente Cordillera Oriental.

La continuidad de la tendencia ascendente de La Española, evidenciada desde épocas precedentes, provocó el ascenso de la plataforma al final del Pleistoceno Inferior. Debido al perfil de la plataforma, el antiguo almacén arrecifal y lagunar se quedó expuesto en la mayor parte del área de la Hoja (Fm. Los Haitises y Yanigua) y hubo un retroceso de la línea de costa que fue acompañado de la migración hacia el sur de la nueva plataforma arrecifal (Fm La Isabela), que adquirió carácter frangeante o pasaron a delimitar *lagoones* de dimensiones mucho más modestas, probablemente a partir del Pleistoceno Medio (Fig. 4.3b). En un primer momento, las áreas más deprimidas formadas por la plataforma plio-pleistocena y la actividad de las fallas pudieron permanecer parcialmente inundados puesto que el antiguo almacén arrecifal funcionaría como un umbral que separaría el mar del área interior, al mismo tiempo se empiezan a formar los primeros abanicos aluviales y la zona endorreica.



**Fig. 4.3.** Evolución del perfil de la Llanura Costera del Caribe durante el Plioceno-Pleistoceno

En el Pleistoceno Superior, el paulatino levantamiento de la Cordillera Oriental tuvo como consecuencia la progradación de abanicos y piedemontes que tapizarían parcialmente la parte septentrional del antiguo *lagoon*, el cual ya estaría totalmente emergido. Entre los abanicos aluviales y los relieves dejados por las formaciones arrecifales plio-pleistocenas se termina de configurar la zona endorreica, mientras, probablemente se comienza a encajar el río Yuma en su cauce alto y la creación de fallas que favorecieron el encajamiento fluvial en la antigua barrera arrecifal (Fm Haitises) en su cauce bajo. En el resto de la Hoja el desarrollo kárstico ha imposibilitado el desarrollo de cursos fluviales al este del río Yuma. Simultáneamente en el borde suroriental, la tectónica junto a las variaciones eustáticas produjo la migración arrecifal hacia el sur con la formación de nuevas construcciones dispuestas escalonadamente. (Fig. 4.5c).

La evolución más reciente no parece haber modificado la tendencia previa, con una enérgica incisión de las zonas más elevadas del antiguo *lagoon*. Se aprecia la proliferación de áreas pantanosas y de lagunas, en unos casos a favor de antiguos cursos fluviales abandonados y en otros, de disoluciones del sustrato calcáreo. Por lo que respecta a los acantilados han estado sometidos a fuertes procesos erosivos.

Como principales motores en la futura evolución de la región, deben tenerse en cuenta: su tendencia ascendente, con el consiguiente retroceso de la línea de costa y el descenso del nivel de base, que incrementará el poder erosivo de los elementos de la red fluvial y por tanto, la eficacia de la erosión remontante y las posibles capturas derivadas de ella; la dinámica costera, predominantemente de tipo erosivo debido a su carácter acantilado; la actividad gravitacional en las vertientes de los paleoacantilados; la tendencia a la colmatación de las lagunas, lagunillas y áreas pantanosas; y los retoques producidos por los fenómenos kársticos..

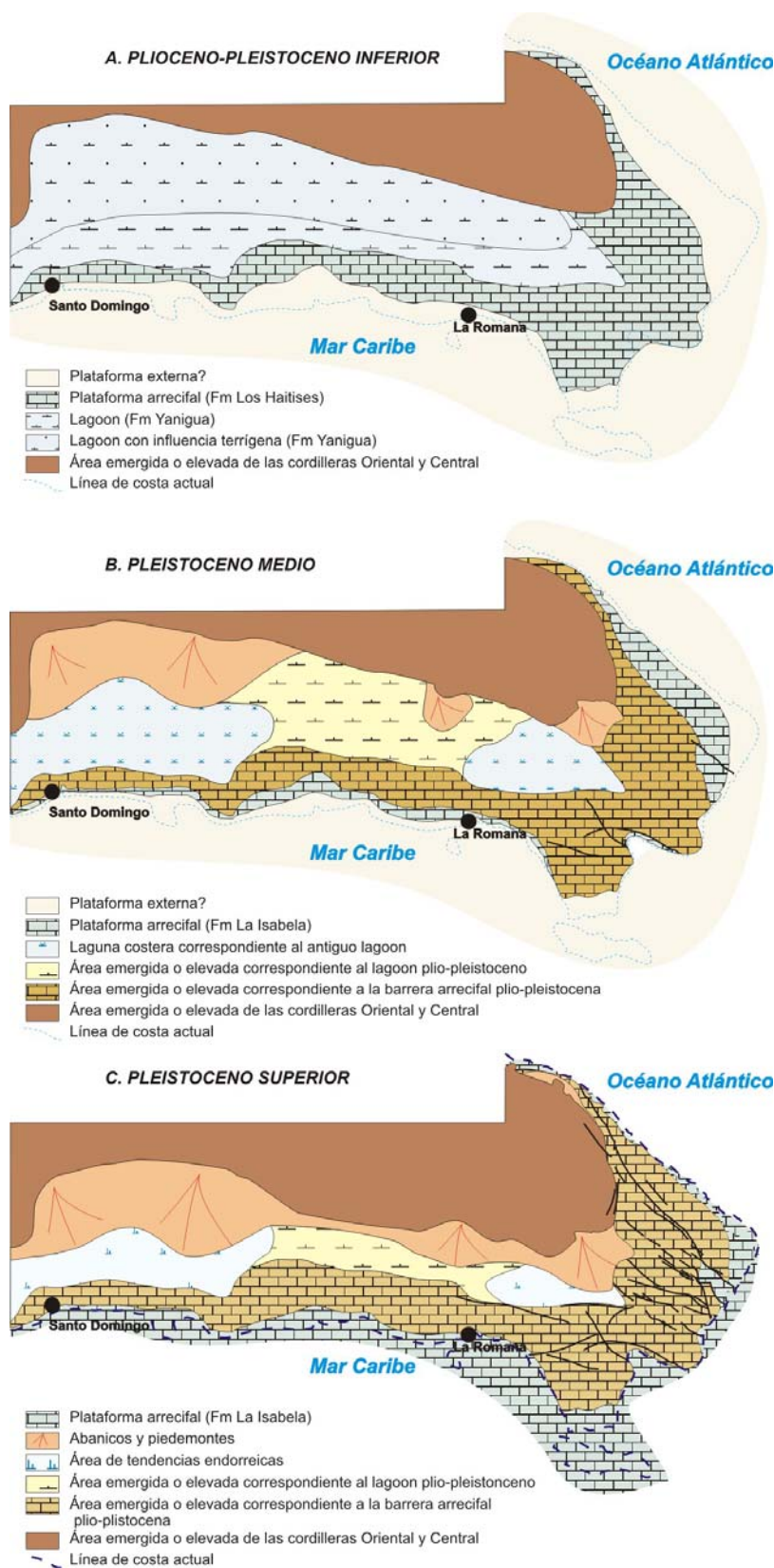
## 5. HISTORIA GEOLÓGICA

Las rocas aflorantes en la Hoja de San Rafael de Yuma registran tan sólo los episodios más recientes de la evolución de La Española, concretamente los acontecidos desde el Plioceno hasta la actualidad. 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 parece que se formó durante el Plioceno y Pleistoceno inferior evolucionando desde un modelo rampa somera hasta una plataforma carbonatada con un desarrollo más o menos importante de margen arrecifal. El conjunto bioconstruido se extendía de Este a Oeste, con un arqueamiento hacia el norte en su sector oriental (Fm Los Haitises), que protegía un *lagoon* (Fm Yanigua) de extensión variable, al que le llegaban descargas terrígenas procedentes de los incipientes relieves septentrionales (Fig. 5.1a).



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

La tendencia ascendente de La Española debida a la convergencia entre placas provocó la emersión de la plataforma, que dependiendo de la paleogeografía de la plataforma pudo dejar áreas protegidas del mar Caribe. Estas áreas tienden a ser equivalentes en su mayor parte a los depósitos de lagoon. 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). Se reanuda la sedimentación terrígena de la Cordillera Oriental en forma de abanicos aluviales y conos de deyección, y además comienzan alterarse los depósitos carbonatados emergidos de la plataforma plio-pleistocena.

En el Pleistoceno Superior, el paulatino levantamiento de la Cordillera Oriental tuvo como consecuencia la progradación de abanicos y piedemontes que tapizarían parcialmente la parte septentrional del antiguo *lagoon*, el cual ya estaría totalmente emergido. Entre los abanicos aluviales y los relieves dejados por las formaciones arrecifales plio-pleistocenas se termina de configurar la zona endorreica, mientras en la parte occidental se empiezan a encajar los ríos procedentes de la Cordillera Oriental (Fig. 5.1). Probablemente se comienza a encajar el río Yuma en su cauce alto y la creación de fallas que favorecieron el encajamiento fluvial en la antigua barrera arrecifal (Fm Haitises) en su cauce bajo. En el sector meridional y oriental, el desarrollo kárstico ha imposibilitado el desarrollo de cursos fluviales al sur y este del río Yuma. Simultáneamente en el borde meridional, la tectónica junto a las variaciones eustáticas produjo la migración arrecifal hacia el sur con la formación de nuevas construcciones dispuestas escalonadamente.

La evolución holocena no ha modificado la tendencia previa, con una enérgica incisión de las zonas más elevadas de la antigua plataforma, mientras en el litoral los acantilados han estado sometidos a procesos erosivos, aunque en lugares puntuales la actividad deposicional ha dado lugar a la formación de playas, que por efecto de la tectónica activa se han ido elevando.



## 6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

### 6.1. Hidrogeología

#### 6.1.1. Climatología e hidrología

El territorio ocupado por la Hoja de San Rafael de Yuma está afectado por un típico clima tropical, con temperaturas promedio anual es 26,5°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 1.300 mm, con valores máximos de 1.500-1.600 mm y mínimos de 800-900 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 embargo, localmente y por breves periodos de tiempo en la gran zona endorréica donde la infiltración es más lenta se pueden producir grandes inundaciones.

#### 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 gravas de origen fluvial, aluvial y eólico: terrazas, coluviones, fondos de valle y dunas.
- *Formaciones de escasa porosidad* pero por su escasa potencia tienen *una permeabilidad media a alta*. Se trata de los depósitos lutíticos de fondos kársticos y áreas pantanosas y endorreicas.

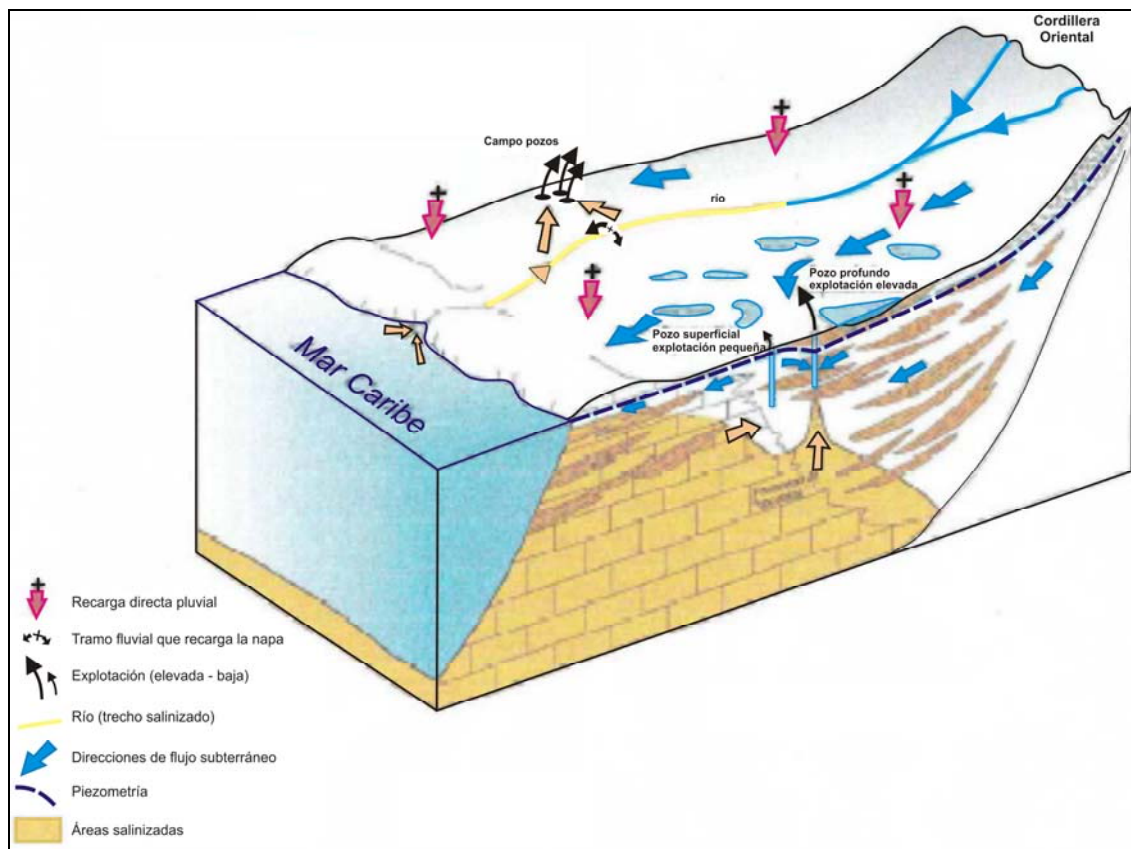
EDAD	UNIDAD O AGRUPACIÓN HIDROGEOLÓGICA	UNIDADES CARTOGRÁFICAS	LITOLÓGÍAS	GRADO/TIPO DE PERMEABILIDAD	TIPOS DE ACUÍFEROS Y OBSERVACIONES
PLEISTOCENO-HOLOCENO	Depósitos litorales	13, 14	Arenas y lutitas	Alta por porosidad intergranular	Acuíferos libres de productividad limitada
	Depósitos kársticos y áreas pantanosas	7, 9 y 15	Lutitas	Baja	Sin acuíferos significativos
	Depósitos fluviales y aluviales	8, 10, 11 y 12	Arenas y gravas	Alta por porosidad intergranular	Acuíferos libres de productividad limitada
	Fm La Isabela	3, 4, 5 y 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 San Rafael de Yuma.

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.

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 +10 m sobre el nivel del mar (Acuater, 2000). El río Yuma en su parte final recibe los aportes del acuífero plioceno incrementando su caudal notablemente, de forma que en el último kilómetro y medio llega a ser navegable.



**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 San Rafael de Yuma corresponden exclusivamente al grupo de las rocas Industriales (Fig. 6.3).

### 6.2.1.1. Rocas Industriales

La actividad extractiva se limita a un reducido número de explotaciones situadas a lo largo de la carretera principal que une Boca de Soco con Higüey o La Romana, correspondiendo a canteras cuyo producto es aprovechado en obras y construcciones de distinto tipo. El material beneficiado se encamina a la extracción de áridos de machaqueo y en menor proporción a áridos naturales, relacionados con la ejecución de obras públicas, principalmente carreteras, y a la construcción reparación y mantenimiento de edificaciones. No tienen en general carácter ornamental.

NÚMERO	COORDENADAS		FORMACIÓN	SUSTANCIA	ACTIVIDAD	TAMAÑO	USO
	X	Y					
1	530309	2042892	Los Haitises	Caliza	Intermitente	Medio	Arm
2	530915	2041657	Los Haitises	Caliza	Activa	Pequeño	Arm
3	531035	2040647	Los Haitises	Caliza	Activa	Pequeño	Arm
4	532510	2038627	Los Haitises	Caliza	Intermitente	Pequeño	Arm
5	537243	2041758	Los Haitises	Caliza	Intermitente	Pequeño	Arm

Arm: áridos de machaqueo

**Fig. 6.3.** Cuadro-resumen de indicios de la Hoja de San Rafael de Yuma

### 6.2.1.2. Descripción de las Sustancias

En general, se trata de pequeñas canteras que aprovechan los escarpes de fallas de la Fm Los Haitises en sus facies de plataforma interna, donde las litologías son más deleznable. En la actualidad se encuentran activas dos canteras de caliza, aunque todas ellas presentan una actividad intermitente dependiendo de la demanda urbanística del entorno y la actividad de la obra civil. La potencia de la Fm Los Haitises es incierta aunque se le supone en torno a los 80 m, pero los frentes no superan los 30 m. La mayor de las canteras, ubicada en el cruce entre la carretera de Higüey a La Romana y la carretera de Boca de Yuma presenta un frente de más de 200 m de longitud no presenta frentes superiores a los 30 m.

## 6.2.2. Potencial minero

### 6.2.2.1. Rocas Industriales y Ornamentales

Como se ha señalado, la actividad en este sector está ligada al campo de las obras 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 del entorno y consecuentemente, con el campo de las infraestructuras y obras civiles. Hay que valorar que la parte meridional de la Hoja forma parte del Parque Nacional del Este y, por tanto, es una zona donde no se permite la actividad minera.

## **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 San Rafael de Yuma (6471-II) se ha inventariado un Lugar de Interés Geológico: La desembocadura del río Yuma (Fig. 7.1). El principal interés de este lugar es observar la geometría de los distintos conjuntos arrecifales de la Fm. La Isabela además de su valor paisajístico. También hay que destacar que se puede observar el pronunciado escalonamiento que separa las Fms. Los Haitises y La Isabela.

### **7.2. Descripción del Lugar**

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

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

- LIG nº 1. La desembocadura del río Yuma

Se trata de un itinerario a lo largo de la desembocadura del río Yuma, desde el contacto entre las Fms. Los Haitises y La Isabela hasta Boca de Yuma. Permite observar las distintas litologías de las que está compuesta la Fm La Isabela y su estructuración interna. Finalmente, en una panorámica de la franja costera del sector septentrional y meridional de costa se puede observar el escarpe de origen marino-tectónico que limita la Superficie Superior de la Llanura Costera. El tipo de interés se centra principalmente en su contenido estratigráfico aunque también geomorfológico, con fines tanto didácticos y estratigráficos a nivel nacional e incluso internacional.

Desde el inicio del itinerario, junto al manantial donde el río tiene un importante incremento de caudal se pueden observar calciruditas y calcarenitas bioclásticas compuestas por fragmentos de coral, moluscos, algas coralinas y Halimeda, equinodermos, foraminíferos y briozoos. Constituyen conjuntos bien estratificados con una inclinación superior a 18° hacia el mar disminuyendo este grado de inclinación según nos acercamos a la desembocadura. Corresponden a las facies de talud de la plataforma superior de la Fm Isabela que han quedado expuestos por el progresivo levantamiento de la Llanura Costera del Caribe.

En la propia desembocadura de río Yuma se pueden apreciar clinofomas de bajo ángulo con facies de núcleo arrecifal de la plataforma inferior de la Fm. La Isabela, están constituidas por colonias de *Acropora palmata* junto a colonias masivas de *Montastrea annularis*, *Siderastrea*, *Diploria* y *Porites* .

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. El socavamiento y relleno por las diversas terrazas de la Fm. La Isabela indica que constituyó un acantilado.

## 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.

**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 Antillas). 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 Antillas); 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) (1997).** 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., HERNAIZ 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. (1993).** Niveaux Marins, Chronologie Isotopique U/TH Et Karstification En Republique Dominicaine. Karstologia, 22, 52-54.

**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.

**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: DENG, 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.

**GARCÍA SENZ, J., MONTHEL, J., DÍAZ DE NEIRA, J.A., HERNAIZ HUERTA, P.P., CALVO, J.P., ESCUDER VIRUETE, J., PÉREZ ESTAÚN, A. (2007).** Estratigrafía del Cretácico Superior de la Cordillera Oriental (República

- Dominicana), en A. Perez Estaún, P.P. Hernaiz Huerta, E. Lopera, M. Joubert (Eds.), "Geología de la República Dominicana". Boletín Geológico y Minero, V. 118, N° 2, 269-291
- 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., HYPOLITE, 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. (2006).** 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 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.