



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

REPÚBLICA DOMINICANA

MAPA GEOLÓGICO

DE LA REPÚBLICA DOMINICANA

ESCALA 1:50.000

MANO JUAN

(6470-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 Mano Juan (6470-II) se localiza en el sector meridional de la Llanura Costera del Caribe, en el parte meridional de la Isla Saona.

Su fisonomía responde a una historia geológica muy reciente, caracterizándose por la existencia de dos superficies escalonadas que se han agrupado dentro de la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe. Está configurada por los materiales calcáreos más modernos que abarcan desde el Pleistoceno hasta la actualidad, atribuidos a la Fm La Isabela. Sobre ésta se disponen los depósitos litorales subactuales, que están formados por depósitos de playas, cordones litorales, marismas y áreas pantanosas.

La isla está afectada por una pequeña red de fracturación ESE-ONO y NO-SE, prolongación de la fracturación que afecta en parte a la Cordillera Oriental. Esta fracturación condicionan en cierta manera los depósitos subactuales.

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 plio-pleistocena hasta la actualidad.

ABSTRACT

The 1:50.000 Mano Juan sheet (6571-III) is located in the southern sector of the Caribbean Coastal Plain, in the southern part of Saona Island.

The geological appearance observed is a result of the recent geological history. It is characterized by the existence of two marine graded terraces that are a consequence of both the effect of eustatic changes and more recent tectonic activity. The two terraces are part of the Lower Surface of the Caribbean Coastal Plain. They are the oldest sediments in the area and correspond to the reef limestone attributed to La Isabela Fm that was deposited during the Pleistocene. Coastal deposits that developed made up of beach, coastal barrier, marsh and swamp zone deposits overlie La Isabela Fm.

The island is affected by minor ESE-WNW and NW-SE oriented fractures systems that are a continuation of the fracture system of the Eastern Cordillera. This fault controls the depositional dynamics of current deposits.

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

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Metodología	1
1.2. Situación geográfica	4
1.3. Marco geológico	8
1.4. Antecedentes	9
2. ESTRATIGRAFÍA	12
2.1. Cenozoico	12
2.1.1. Pleistoceno.....	12
2.1.1.1. Fm La Isabela. (1, 2) Calizas arrecifales, calcarenitas con estratificación cruzada. Calizas margosas con gasterópodos y bivalvos y calcarenitas (Plataforma Inferior). Pleistoceno Medio-Holoceno Q ₂₋₄	14
2.1.2. Holoceno	16
2.1.2.1. Fondo de dolinas. (3). Arcillas de descalcificación. Pleistoceno- Holoceno. Q ₂₋₄	17
2.1.2.2. Cordón litoral antiguo. (4) Arenas bioclásticas. Pleistoceno-Holoceno. Q ₂₋₄	17
2.1.2.3. Llanura de marea abandonada. (5). Arenas y limos carbonáticos. Holoceno. Q ₄	17
2.1.2.4. Área pantanosa desecada. (6). Limos negros con bioclóstos. Holoceno. Q ₄	18
2.1.2.5. Barra. (7). Arena bioclástica. Holoceno. Q ₄	18
2.1.2.6. Dunas. (8). Arenas finas carbonáticas. Holoceno. Q ₄	18
2.1.2.7. Marisma alta (9). Arenas y limos bioclásticos. Holoceno. Q ₄	19
2.1.2.8. Cordón litoral (10). Arenas. Holoceno. Q ₄	19
3. TECTÓNICA	20
3.1. Estructura	20
3.2. Estructura de la Hoja de Mano Juan	22
4. GEOMORFOLOGÍA	26
4.1. Análisis geomorfológico	26
4.1.1. Estudio morfoestructural	26
4.1.1.1. Formas estructurales	27
4.1.2. Estudio del modelado.....	28
4.1.2.1. Formas lacustres y endorreicas	28
4.1.2.2. Formas marinas-litorales.....	28
4.1.2.3. Formas originadas por meteorización química	29

4.2. Evolución e historia geomorfológica	29
5. HISTORIA GEOLÓGICA.....	33
6. GEOLOGÍA ECONÓMICA	36
6.1. Hidrogeología.....	36
6.1.1. Climatología e hidrología	36
6.1.2. Hidrogeología.....	36
7. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO.....	39
7.1. Relación de los L.I.G.....	39
7.2. Descripción del Lugar	40
8. BIBLIOGRAFÍA.....	42

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. (INYPESA), 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)

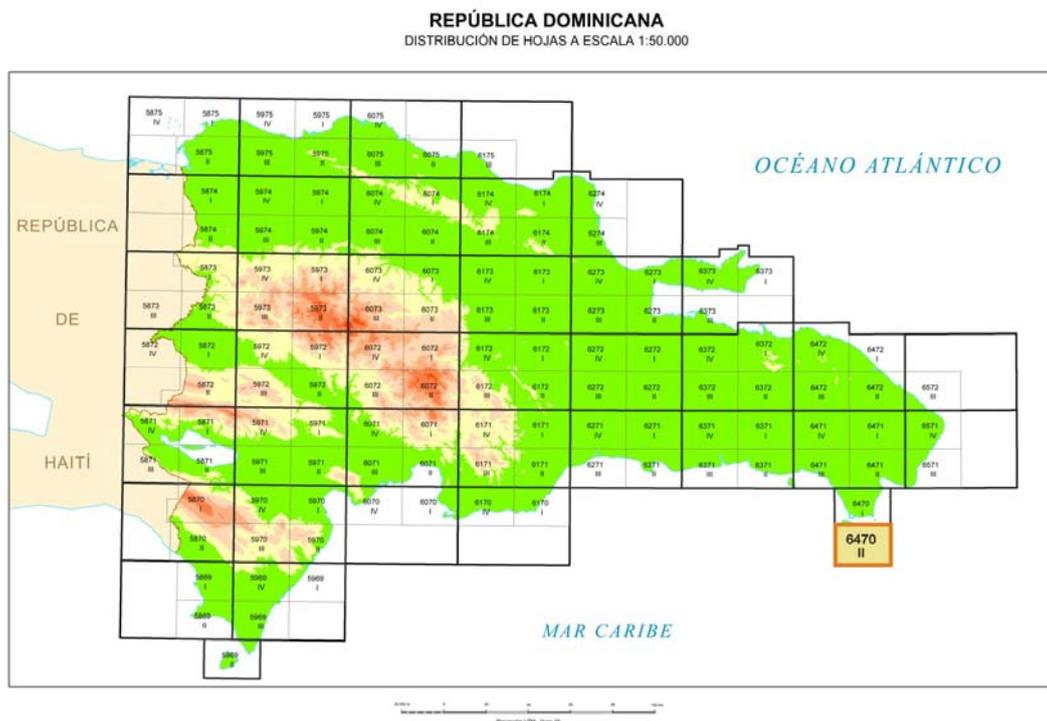


Fig. 1.1. Distribución de Hojas a escala 1:50.000 de la República Dominicana y situación de la Hoja de Mano Juan (6470-II)

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 Mano Juan 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 posibles estructuras profundas o subaflorescentes, se ha revisado 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 (Granchorra, 6470).

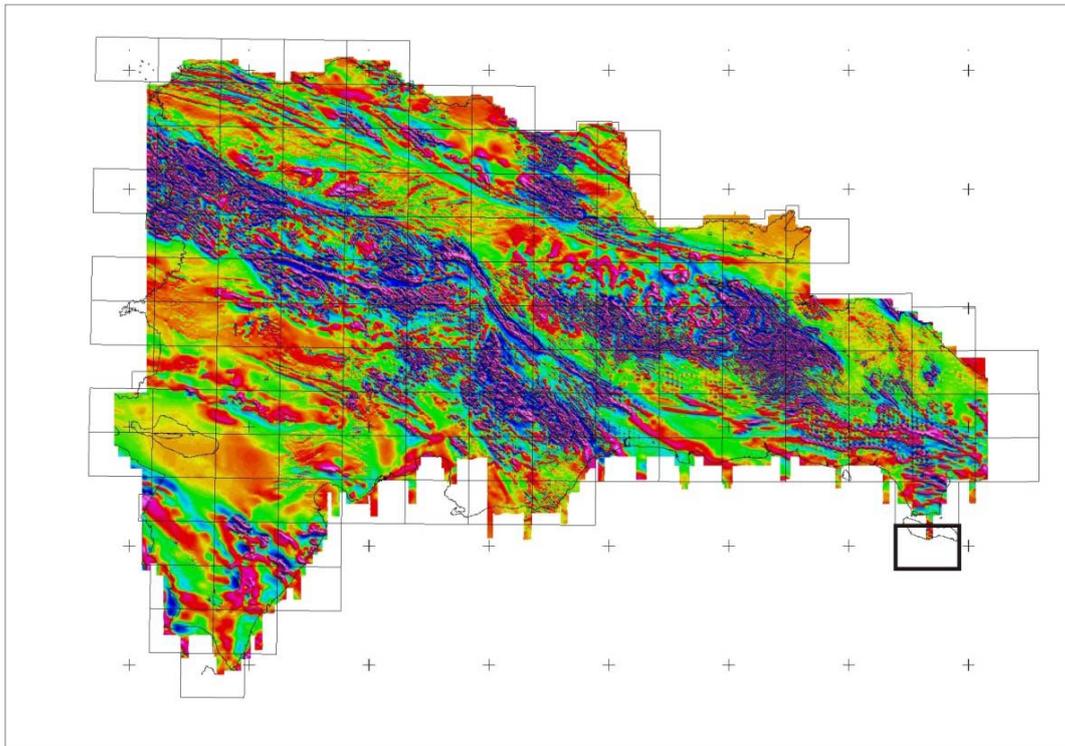


Fig. 1.2. Mapa de gradiente vertical de la República Dominicana. Se indica la situación de la Hoja de Mano Juan

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 Mano Juan (6470-II) se encuentra situada en el extremo suroriental de la República Dominicana, incluyéndose su territorio en la provincia de La Altagracia. Toda la Hoja se incluye dentro del Parque Nacional del Este y no existen poblaciones exceptuando las pequeñas edificaciones que dan servicio a los guardias forestales. 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.

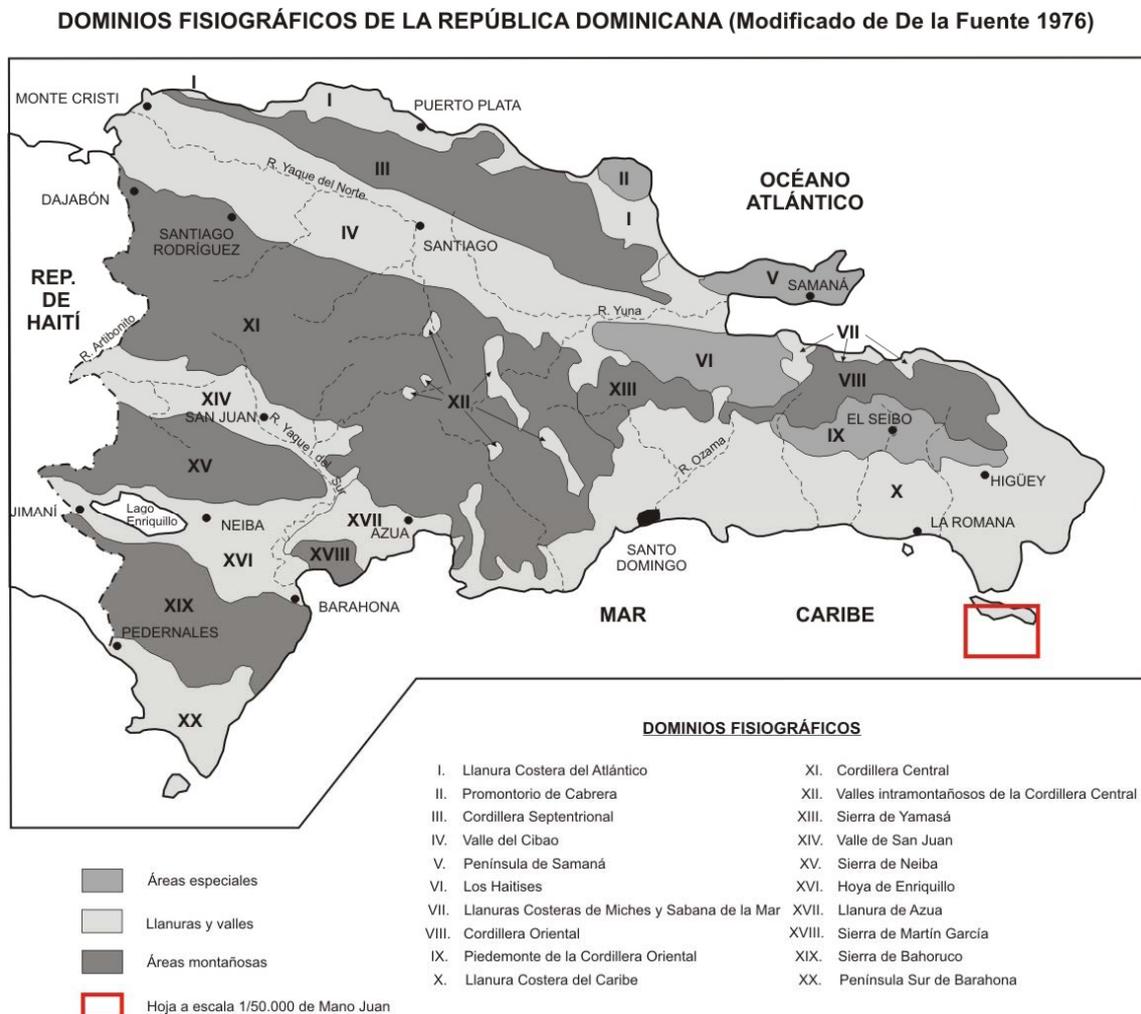


Fig. 1.3. Esquema de situación de la Hoja de Mano Juan en relación con los principales dominios fisiográficos de la República Dominicana (De la Fuente, 1976, modificado).

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. En el caso de la Isla Saona, la costa septentrional está más acantilada, mientras en la meridional predominan más las playas.

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), aunque en la Hoja solamente se encuentra la inferior, que a su vez presenta superficies menores también con morfología escalonada. Sobre la más baja de éstas se han superpuesto procesos sedimentarios que la fosilizan parcialmente.



Fig. 1.4. Modelo digital del terreno de la Cordillera Septentrional y situación de la Hoja de Mano Juan.

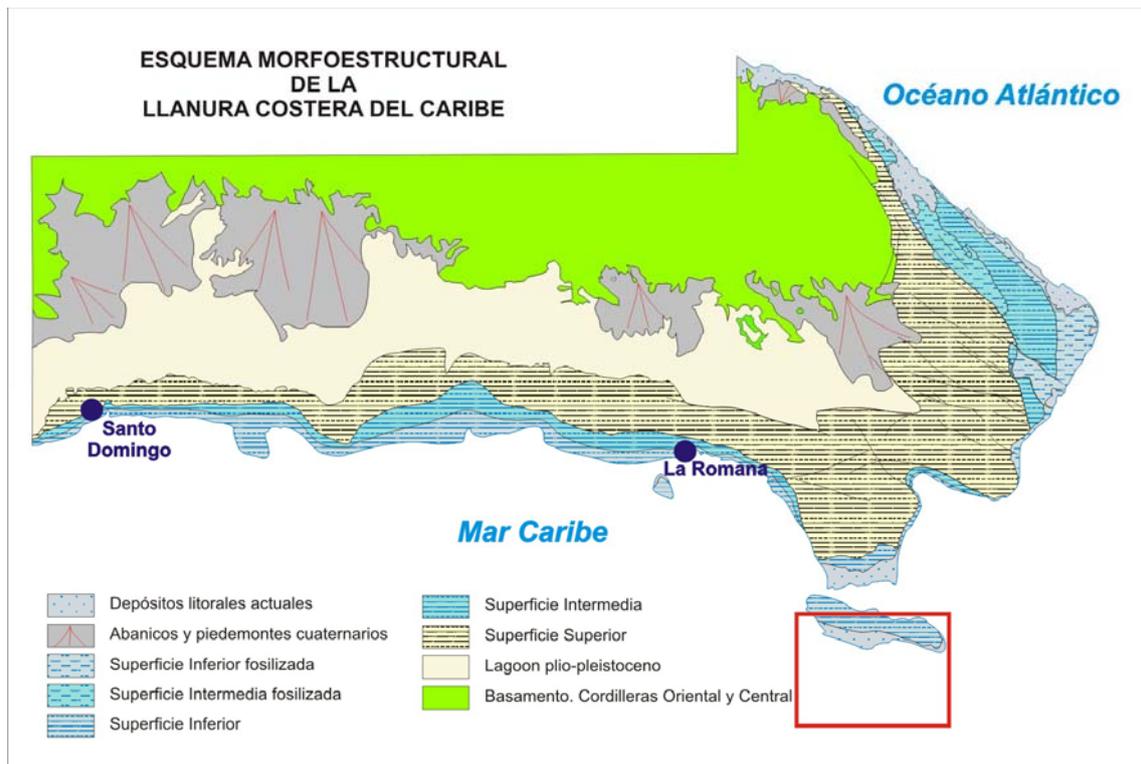


Fig. 1.5. Esquema morfoestructural de la Llanura Costera del Caribe

Otro rasgo que caracteriza la Hoja es la ausencia de cualquier tipo de cauce. Así, la elevada pluviometría de la zona se resuelve por infiltración a favor de la red kárstica desarrollada sobre los materiales calcáreos.

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 que caracteriza el Parque Nacional del Este es el bosque húmedo subtropical, bosque seco subtropical y bosque de transición.

La zona no presenta poblaciones habitadas aunque existen pequeñas estructuras que tienen funciones turísticas (restaurantes, tiendas,...), puesto que el litoral occidental tiene una importante actividad turística.

La red de comunicaciones es inexistente, únicamente existen una pequeña red de senderos, solo utilizables a pie o sobre animales de carga. El medio de transporte más conveniente en todo el Parque Nacional del Este es el marino, partiendo desde las cercanas poblaciones de Bayahibe y Boca de Yuma.

1.3. Marco geológico

La Hoja de Mano Juan 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 y la construcción de la isla Saona.

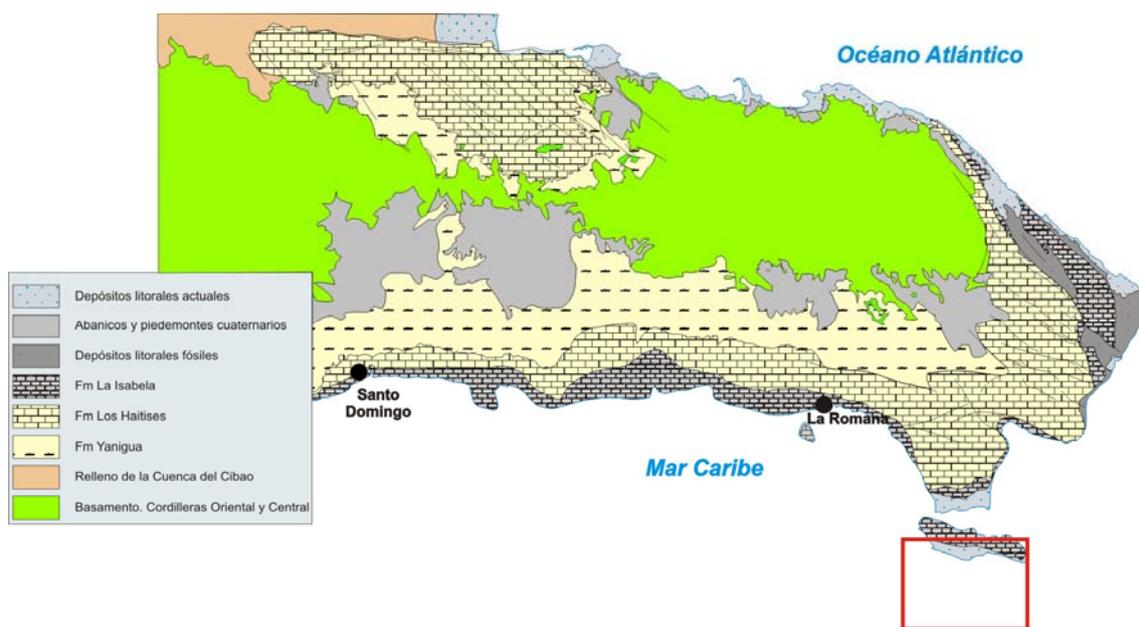


Fig. 1.6. Esquema geológico de las plataformas plio-cuaternarias del sector oriental de la República Dominicana y situación de la Hoja de Mano Juan

Dentro de este contexto general, la Hoja posee una notable representación de la Fm. La Isabela estando ausente las Fms. Los Haitises y Yanigua (Fig. 1.6); también poseen una buena representación los sedimentos de origen litoral relacionados con la emersión de las plataformas. Además sobre la morfoestructura heredada de la

plataforma de 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, 1881; 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 cuaternarios, que constituyen dos conjuntos netamente diferenciados (Fig. 2.1):

- Materiales 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 holocenos, que se disponen discontinuamente sobre los anteriores. Responden a un espectro genético que incluye depósitos de origen kárstico, y marino-litoral.

2.1. Cenozoico

2.1.1. Pleistoceno

Los sedimentos pleistocenos son el constituyente fundamental de la Isla Saona. Su posible sustrato es la plataforma plio-pleistocena (Fms. Los Haitises y Yanigua) que conforma la práctica totalidad de la Llanura Costera del Caribe. Ésta a su vez se apoya sobre 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 (Fig.2.1). Los materiales pleistocenos de la Hoja están compuestos por la Fm La Isabela y depósitos litorales relacionados con ella. Se disponen con morfología escalonada debido a la tectónica activa y las variaciones eustáticas.

La Fm Isabela se enmarca en el Pleistoceno y Holoceno, y está integrada mayoritariamente por calizas depositadas en plataformas arrecifales que migraron escalonadamente hacia el litoral de la isla. Su espesor visible supera los 20 m. Sus representantes más antiguos se encuentran dislocados por la red de fracturación. Los materiales suprayacentes litorales y eólicos se relacionan con la Fm La Isabela por la emersión de las plataformas y tienen un espesor máximo que se aproxima a 10 m.

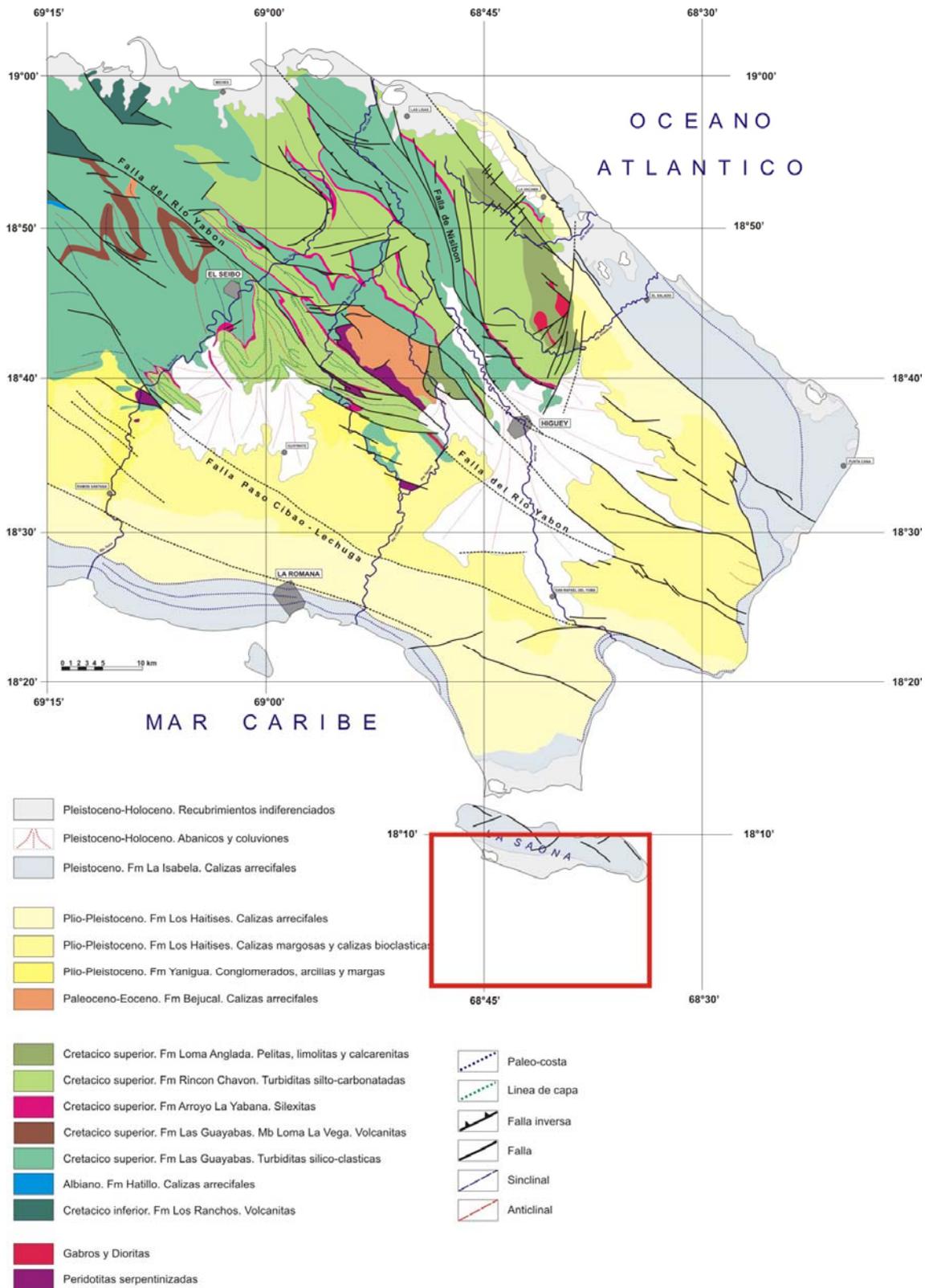


Fig. 2.1. Esquema geológico del extremo oriental de la Llanura Costera del Caribe

2.1.1.1. Fm La Isabela. (1, 2) Calizas arrecifales, calcarenitas con estratificación cruzada. Calizas margosas con gasterópodos y bivalvos y calcarenitas (Plataforma Inferior). Pleistoceno Medio-Holoceno Q₂₋₄

Las presentes unidades configuran las plataformas o aterrazamientos de la isla Saona. En la Llanura Costera del Caribe se han reconocido dos plataformas o terrazas principales, que constituyen bandas dispuestas paralelamente al litoral a dos cotas diferentes, que variarían según la actividad de las fallas cuaternarias. Los escalones están limitados por paleoacantilados que no superan los 10 m. La isla Saona está constituida por la más actual de las plataformas aunque dentro de ésta puede distinguirse localmente otras plataformas menores, las más visibles en el margen septentrional de la isla. 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. La calidad de los afloramientos es muy baja y tan solo se han podido realizar observaciones superficiales siendo inexistentes secciones o cortes de la unidad. Están constituidas por la superposición y acumulación de esqueletos de colonias de coral, en posición de vida más o menos volcadas y con distintos grados de fragmentación.

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*.

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 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).

Los depósitos de *lagoon* (Unidades 2) 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 es prácticamente imposible reconocer 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. 2.2). En el caso particular del borde noroccidental de la isla Saona donde no aflora la parte bioconstruida del lagoon éste debe encontrarse parcialmente sumergido y parte fosilizado por depósitos litorales actuales.

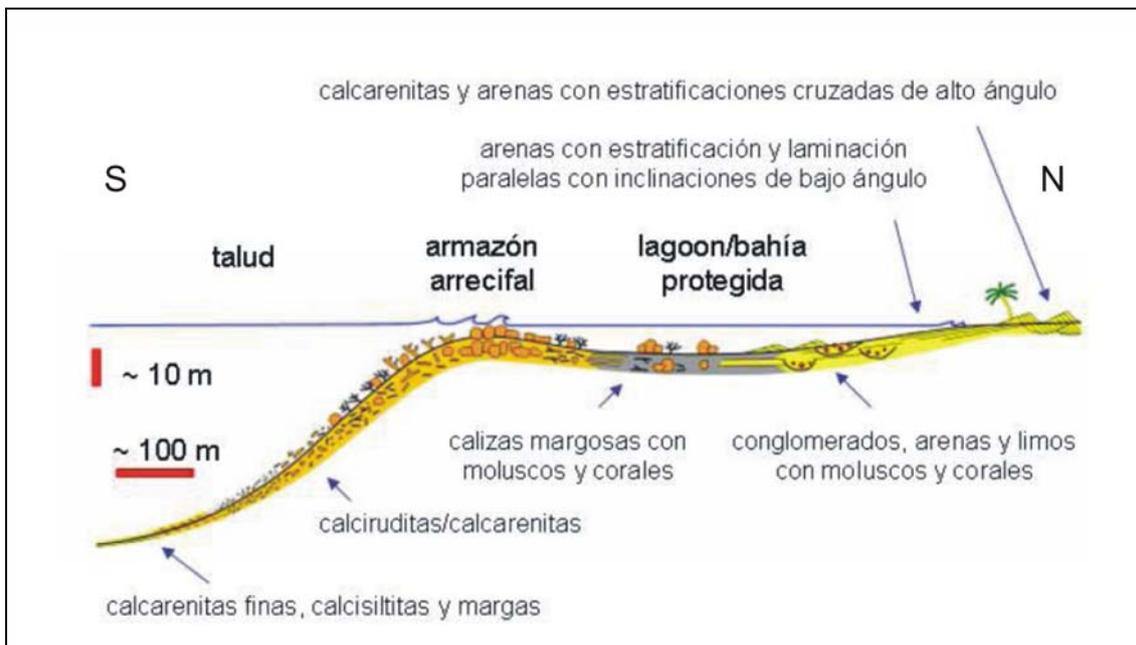


Fig. 2.2. Modelo sedimentario de la Fm La Isabela (Braga, 2010)

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 (equivalente de las unidades 1 y 2), de las que se deduce una edad de 121 ± 9 ka, lo que sitúa su depósito en el Estadio Isotópico Marino 5e (MIS 5e), que corresponde a un intervalo de edad de 117-128 ka (Lea *et al.*, 2002). De acuerdo con esta edad y teniendo en cuenta que en algunas zonas litorales hay pequeños restos de bioconstrucciones adheridas a la última de las plataformas marinas, datadas por Díaz del Olmo y Cámara (1993) en la zona Bayahibe (Hoja 6470-I, Granchorra,) 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.

2.1.2. Holoceno

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

2.1.2.1. Fondo de dolinas. (3). Arcillas de descalcificación. Pleistoceno-Holoceno. Q₂₋₄

Aparecen relacionados con las depresiones kársticas desarrolladas sobre los materiales calcáreos de la Fm. 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 el metro. Su edad inferior está acotada por la Fm La Isabela, por lo que se enmarca fundamentalmente en el Holoceno, aunque la elevación y exposición de la plataforma más antigua durante el Pleistoceno seguramente inicio la meteorización química durante el Pleistoceno superior.

2.1.2.2. Cordón litoral antiguo. (4) Arenas bioclásticas. Pleistoceno-Holoceno. Q₂₋₄

Fosilizan la plataforma o escalón más bajo de la Fm La Isabela, reflejando la tendencia regresiva por la que aquéllas han ido retrocediendo hasta su posición actual a lo largo del Cuaternario.

Constituye una planicie con una morfología característica de surcos y crestas de más de un metro con orientación paralela a la costa actual y que cartográficamente pueden ser individualizados. El conjunto está integrado por arenas bioclásticas y calcarenitas muy bien seleccionadas con algunos cantos de bioconstrucciones y con estratificaciones cruzadas de bajo ángulo.

En cuanto a su edad, queda acotada por la plataforma o escalón más bajo de la Fm La Isabela, lo que apunta, teniendo en cuenta la incertidumbre existente sobre las edades de la Fm La Isabela, a una edad Holoceno, si bien pudo comenzar a depositarse durante el final del Pleistoceno superior.

2.1.2.3. Llanura de marea abandonada. (5). Arenas y limos carbonáticos. Holoceno. Q₄

La ausencia de cortes no permite una descripción detallada. Se encuentran en las zonas meridionales de las islas de La Española y normalmente entre las marismas altas y la zona continental. Se trata de las marismas altas que han perdido totalmente la relación con el mar quedando abandonadas. Está constituido por limos pardo-

negruzco con alto contenido en materia orgánica e intercalaciones arenosas con restos de corales y cantos, parcialmente cementados y casi siempre vegetadas. Por su relación con Fm. La Isabela y funcionalidad de forma muy esporádica se ha incluido en el Holoceno.

2.1.2.4. Área pantanosa desecada. (6). Limos negros con bioclóstos. Holoceno. Q₄

Existen varias zonas pantanosas circundando la isla pero la más importante se encuentra en la parte suroriental. Se encuentran ubicadas sobre la Fm La Isabela y protegida de la influencia del mar por los depósitos de cordón litoral. No existen cortes naturales por lo que únicamente se han observado las litologías de superficie que corresponden a limos negros con restos de gasterópodos y bivalvos. Se originan por la acumulación de aguas meteóricas y freáticas en las partes más bajas de la Fm. La Isabela durante periodos de precipitaciones. Durante los periodos de estiaje la extensión de la lamina de agua ser reduce pudiendo llegar a desaparecer. Por su funcionalidad se ha incluido en el Holoceno.

2.1.2.5. Barra. (7). Arena bioclástica. Holoceno. Q₄

Está construida en el Canal de Saona sumergida entre 1 o 2 de metros según las mareas, pudiendo llegar a emerger en periodos de mareas bajas.. Está constituida por arenas bioclásticas sueltas con abundantes restos de corales, y con *ripples* y *megaripples* en superficie. Por su morfología posiblemente se formó sobre una cresta del arrecife subactual por acumulación de los restos bioclásticos del propio arrecife. La dinámica actual lo incluye en el Holoceno.

2.1.2.6. Dunas. (8). Arenas finas carbonáticas. Holoceno. Q₄

Se trata de estrechos cordones dunares longitudinales a la costa y superpuestos a la terraza más baja de la Fm. La Isabela. Tienen una anchura aproximada de un centenar de metros, y una potencia que no llegan a superar los 3 m. Están constituidas por arenas finas blancas bioclásticas, y normalmente, fijadas por palmeras. Su escasa extensión sólo ha permitido representar en la cartografía los más significativos. Por su funcionalidad actual se ha incluido en el Holoceno.

2.1.2.7. Marisma alta (9). Arenas y limos bioclásticos. Holoceno. Q₄.

Situadas en el entorno de la Laguna de los Flamencos se encuentran fuertemente influenciados por las mareas, aunque en este caso particular se encuentran parcialmente protegidas por pequeños cordones litorales. Se trata de áreas que se inundan de forma esporádica en periodos de pleamar alta, que están constituidas por limos pardo-negrusco con alto contenido en materia orgánica e intercalaciones arenosas con algunos restos de corales que llegan durante las tormentas y huracanes. Por su funcionalidad actual se han incluido en el Holoceno.

2.1.2.8. Cordón litoral (10). Arenas. Holoceno. Q₄

Constituye una franja de orden decamétrico paralela a la línea de costa, consistente en acumulaciones de arenas finas de hasta 3 m de altura, aunque normalmente no superan el metro. En su frente se instalan extensas playas arenosas, pero la escala de trabajo tan sólo ha permitido su diferenciación como formas lineales exceptuando en el Canto de Playa donde se distinguen perfectamente las crestas de crecimiento paralelos a la línea de costa actual. En el caso del tramo de Mano Juan se reconocen perfectamente dos pequeños washover-fan que se introducen desde el cordón litoral sobre la Laguna de los Flamencos. Por su relación con la dinámica actual se asignan al Holoceno.

3. TECTÓNICA

3.1. Estructura

La Hoja de Mano Juan (6470-II) se localiza en la isla de la Saona, al sur del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe, donde bajo la planicie de cobertera plio-cuaternaria se ocultan las estructuras de dirección NO-SE de las cordilleras Central y Oriental (Fig. 3.1), que posiblemente se extiendan bajo la propia isla. 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.

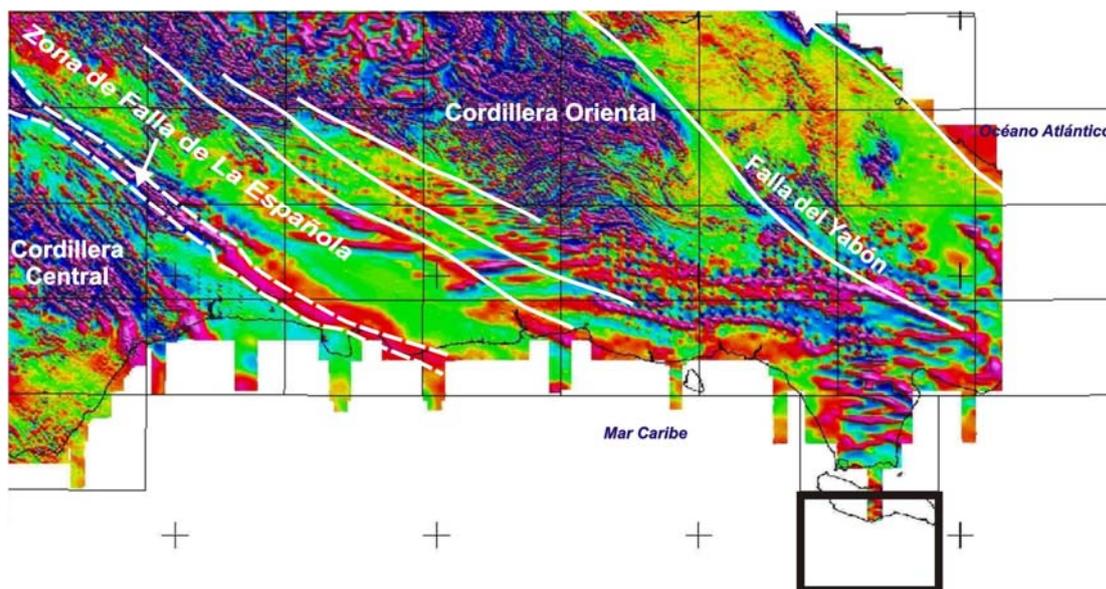


Fig. 3.1. Principales estructuras del subsuelo de la Llanura Costera del Caribe deducidas del mapa de Gradiente vertical

En cualquier caso, la morfología de la Llanura Costera del Caribe y en concreto de la isla Saona, 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 y en la isla Saona 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).

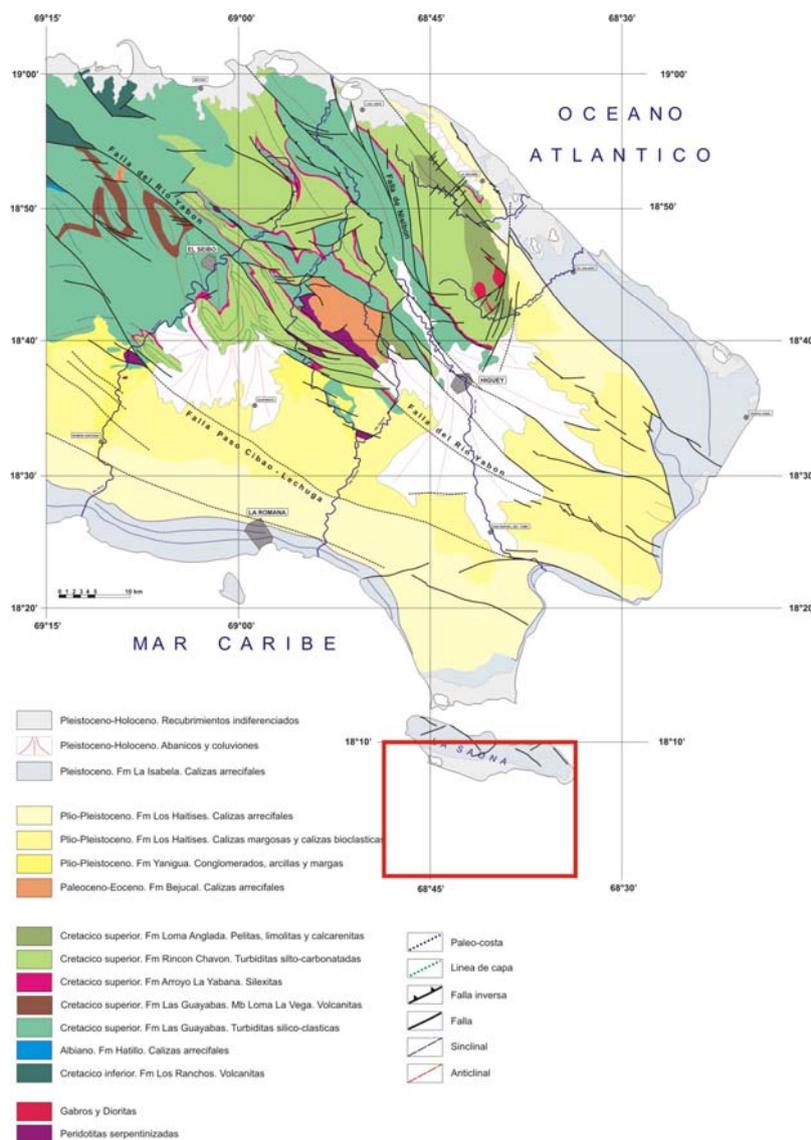


Fig. 3.2. Continuidad de las principales fallas de la Cordillera Oriental por la Llanura Costera del Caribe

3.2. Estructura de la Hoja de Mano Juan

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 (Fig. 3.3).

El principal rasgo tectónico de la Hoja es la presencia de una red de fracturación de orientaciones NNO-SSE y NE-SO. Se trata de una red muy marcada al afectar a los rígidos materiales calizos de la Fm. La Isabela, dando lugar a un evidente reflejo en la morfología de la isla. Entre éstas, las fallas principales por su expresión morfológica son las de La Piedra del Vigía y Punta del Delfín, que tienen dirección NNO-SSE. También, es muy probable que exista una falla sumergida o fosilizada por los depósitos litorales a lo largo del margen meridional del litoral de Mano Juan con una orientación NO-SE.

La característica principal de estas fallas es un pequeño escalonamiento, inferior a los 10 m, de los materiales cuaternarios, y aunque no parecen afectar a los materiales más recientes, holocenos, en algunos casos parece condicionar su geometría. En el caso de la falla de La Piedra del Vigía su carácter rectilíneo y su escaso retoque morfológico indican que se trata de un escarpe de falla, que ha afectado a un paleoacantilado (Fig. 3.3.).

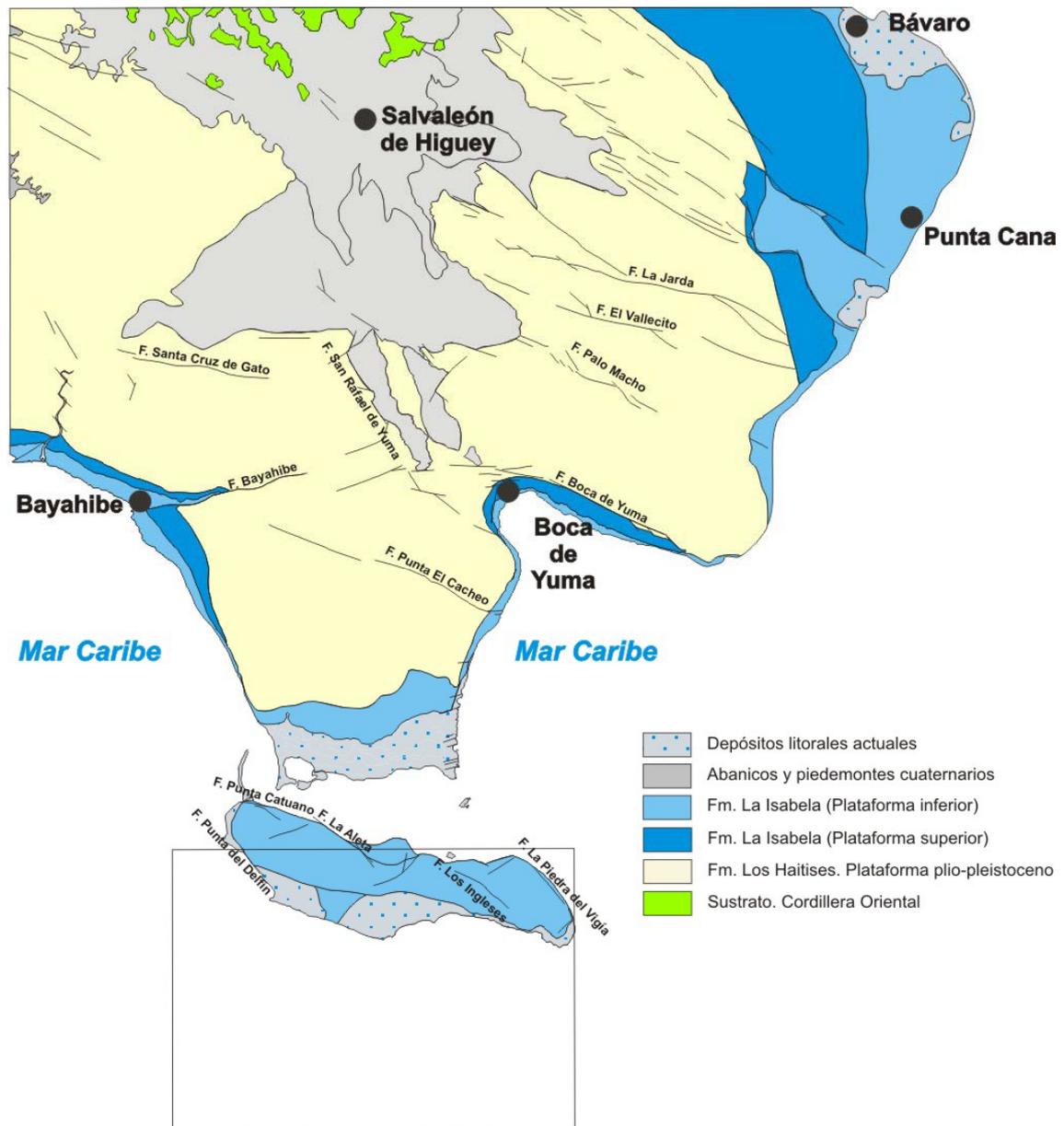


Fig. 3.3. Principales fallas del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe

Las evidencias de una tectónica hoy día no se restringen a la red de fallas aludidas, sino que también se manifiesta por el ascenso de las plataformas carbonatadas 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 de las islas limítrofes con el consiguiente incremento de sus superficies.

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

Así, en el sector occidental de la Llanura Costera del Caribe, la terraza datada como MIS 5e (121 ± 9 ka) por Schubert y Cowart (1982) entre Punta Caucedo y San Pedro de Macorís (cerca del área de Juan Dolio) y que constituye la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe, alcanza 10 m de altitud máxima en dicha zona. Esta terraza en el ámbito de la Hoja es difícil de determinar porque las cotas no coinciden con las dos plataformas principales reconocidas en la isla (+3-5 y +9–21 m). Las tasas de levantamiento entre Punta Caucedo y San Pedro de Macorís son 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.

En la isla Saona, las tasas de levantamiento calculadas varían entre 0,1 a 0,024 mm/año según la plataforma que se estime equivalente a la registrada entre Punta Caucedo y San Pedro de Macorís. Según las edades y las tasas de elevación de la Española parece más evidente que la plataforma situada en torno a +12 m sea equivalente a la terraza de +10 m de Juan Dolio, de tal forma que la tasa de levantamiento (0,1 mm/año) se asemeja a la más alta de las calculadas en la Llanura Costera (0,83 mm/año), y extrapolando dicha tasa a la terraza inferior (+3 m), ésta prácticamente coincidiría con la equivalente en Juan Dolio (Fig. 3.4.). Si por el contrario se correlaciona la terraza de +3 m de la isla con la de +10m de Juan Dolio, la tasa de levantamiento (0,025 mm/año) es mucho más baja que las calculadas para la Española. Extrapolando dicha tasa de ascenso a la terraza situada a +12 m, tendría una edad de 500 ka, equivalente al Pleistoceno Superior, y únicamente asociable al estadio isotópico 13, del cual, hasta el momento no existe registro en la Llanura costera del Caribe.

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	ISLA SAONA			JUAN DOLIO	ISLA SAONA				
LA ISABELA	r1	r1	1 y 2	INFERIOR	3		36,1	0,083	PLEISTOCENO	MIS 3

	r2	r2	SUPERIOR?	3	3	30	0,1	SUPERIOR	MIS 5e
						121±9	0,024		
				6		121±9	0,050	PLEISTOCENO SUPERIOR?	MIS 13?
				10	12		0,1		
				12	12	500	0,024		

121: datación absoluta (Schubert y Cowart, 1982)

Fig. 3.4. Tasa de elevación y edad de las unidades arrecifales de la Hoja de Mano Juan en el contexto de la Llanura Costera del Caribe occidental

En cualquier caso, las tasas de elevación corresponden a un orden de magnitud similar a las calculadas para la Fm La Isabela en otros lugares de la Llanura Costera del Caribe, y ligeramente inferiores a las registradas en la misma formación en 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 pleistocenos están condicionados por la morfología de plataforma arrecifal carbonatada que ocupaba la región durante dicho periodo, por tanto, constituye prácticamente toda una superficie estructural que en su mayor parte está siendo erosionada. La erosión de prácticamente todo el litoral de la isla se debe a las variaciones eustáticas y a la elevación tectónica, que le confiere a los bordes de la isla una morfología escalonada y costas acantiladas (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).

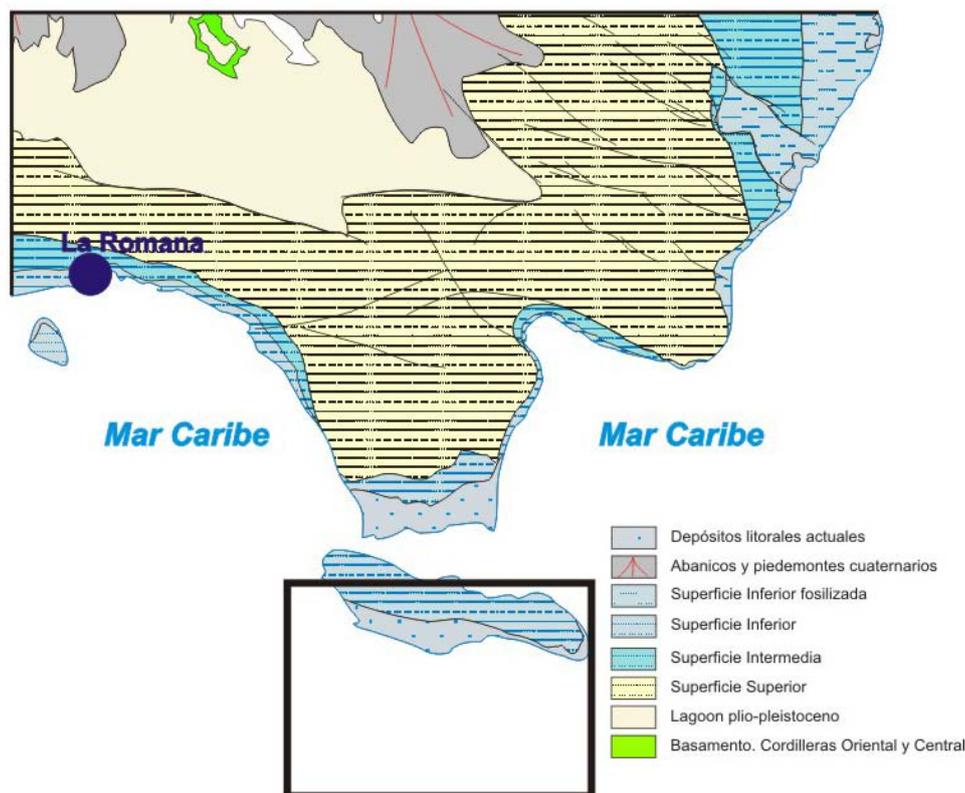


Fig. 4.1. Esquema morfoestructural del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe

4.1.1.1. Formas estructurales

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

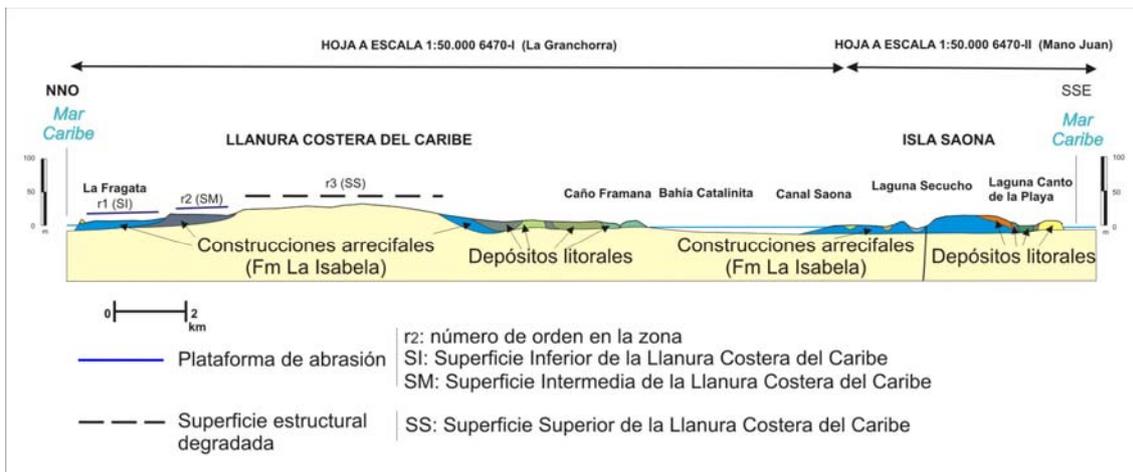


Fig. 4.2. Perfil morfoestructural esquemático del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe

4.1.2. Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre la plataforma pleistocena de la isla Saona 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 marino-litorales.

4.1.2.1. Formas lacustres y endorreicas

Se trata de *lagunas permanentes* de agua salada dispuestas en paralelo a la línea de costa. Son áreas encharcadas debido a la influencia del mar, que por la progresiva elevación de la zona puede conllevar a su desecación total o parcial.

4.1.2.2. Formas marinas-litorales

Determinan la fisonomía de la franja litoral y sus elementos más destacados son las *construcciones biogénicas* y *lagoons* 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. Se han distinguido al menos dos niveles a cotas aproximadas de +3m (r1) y +12 m (r2), que se han agrupado en la Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe (Fig. 4.1).

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 no suele superar el desnivel de los 10 m, únicamente los supera en la zona oriental de la isla donde la diferencia de cota está en torno a los 15 m. 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 1 m. En la parte meridional de la isla los pequeños acantilados pueden desaparecer debajo de estrechas *playas*. Las *playas* adquieren notable relevancia en el borde occidental de la península y borde meridional de la isla Saona, donde éstas últimas presentan mayor anchura y extensión al constituir parte de grandes *cordones litorales*.

En los sectores más meridionales de la isla los elementos litorales más característicos de la costa actual, y que están afectados por las mareas diarias, son las *marismas altas* y las *albuferas* tanto activas como *colmatadas*.

Las únicas formas marinas sumergidas se distinguen en el Paso de Catuano, donde por la diferencia de velocidad de la corriente se forman numerosas *barras sumergidas*.

4.1.2.3. Formas originadas por meteorización química

Poseen una notable representación por toda la zona debido a la extensión alcanzada por la Fm. La Isabela, pudiendo considerarse como un *área con intensa karstificación*. La forma más extendida corresponde al *campo de lapiacas semicubierto* por toda la zona. En la parte oriental la expresión morfológica son *las pequeñas dolinas* de escasa profundidad, que se formaron por la disolución del sustrato pleistoceno. En algunas áreas son tan numerosas que forman pequeños *campos de dolinas* y se fusionan formando pequeños *uvalas*.

4.2. Evolución e historia geomorfológica

La evolución e historia geomorfológica más antigua de la hoja se ha podido deducir a partir de los datos aportados de las hojas contiguas. Durante el Plioceno la Llanura

Costera del Caribe estaría ocupada por 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) (Fig. 4.3).

La tendencia ascendente de La Española, evidenciada desde épocas precedentes, provocó el ascenso de la plataforma al final del Pleistoceno Inferior. El antiguo armazón arrecifal y lagunar (Fm. Los Haitises y Yanigua), reconocido en las hojas septentrionales, se quedó expuesto, y el consiguiente retroceso de la línea de costa 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). Durante este periodo el área que abarca la hoja se mantiene sumergida y posiblemente se inicie la formación del núcleo arrecifal de la isla

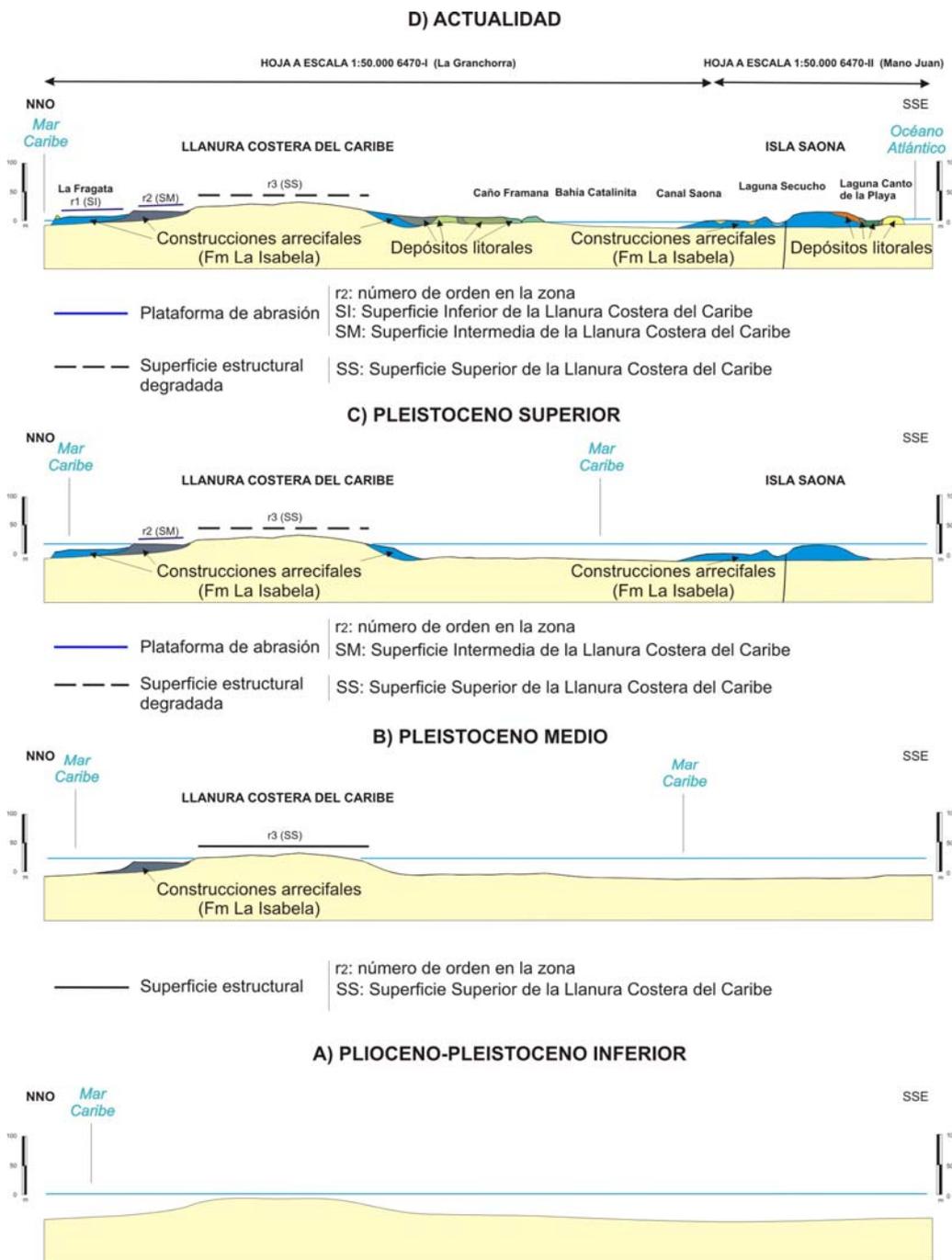


Fig. 4.3. Evolución del perfil de la Llanura Costera del Caribe durante el Plioceno-Pleistoceno

En el Pleistoceno Superior, el antiguo arrecife (Fm Los Haitises) se encontraría totalmente emergido, simultáneamente, la migración arrecifal hacia el sur produjo el depósito de nuevas construcciones dispuestas escalonadamente (Fm La Isabela).. Simultáneamente, crecen las construcciones arrecifales (Fm La Isabela) de la isla Saona, seguramente apoyadas sobre un relieve positivo de unidades anteriores. La emersión de las plataformas de la Fm La Isabela, debido a la tectónica activa y a las

variaciones eustáticas, dio paso al desarrollo de complejos litorales, dunas y cordones litorales (Fig. 4.5c y 4.5d).

La evolución más reciente no parece haber modificado la tendencia previa, se aprecia la proliferación de lagunas costeras, en unos casos a favor de las disoluciones del sustrato calcáreo y otras por la formación de cordones litorales que dejan tras de ellos áreas restringidas.

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, la dinámica costera, predominantemente de tipo erosivo debido a su carácter acantilado; la actividad gravitacional en las vertientes, principalmente en los paleoacantilados de las superficies de aterramiento marinas; la tendencia a la colmatación de las lagunas, marismas, 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 Llanura Costera del Caribe 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).

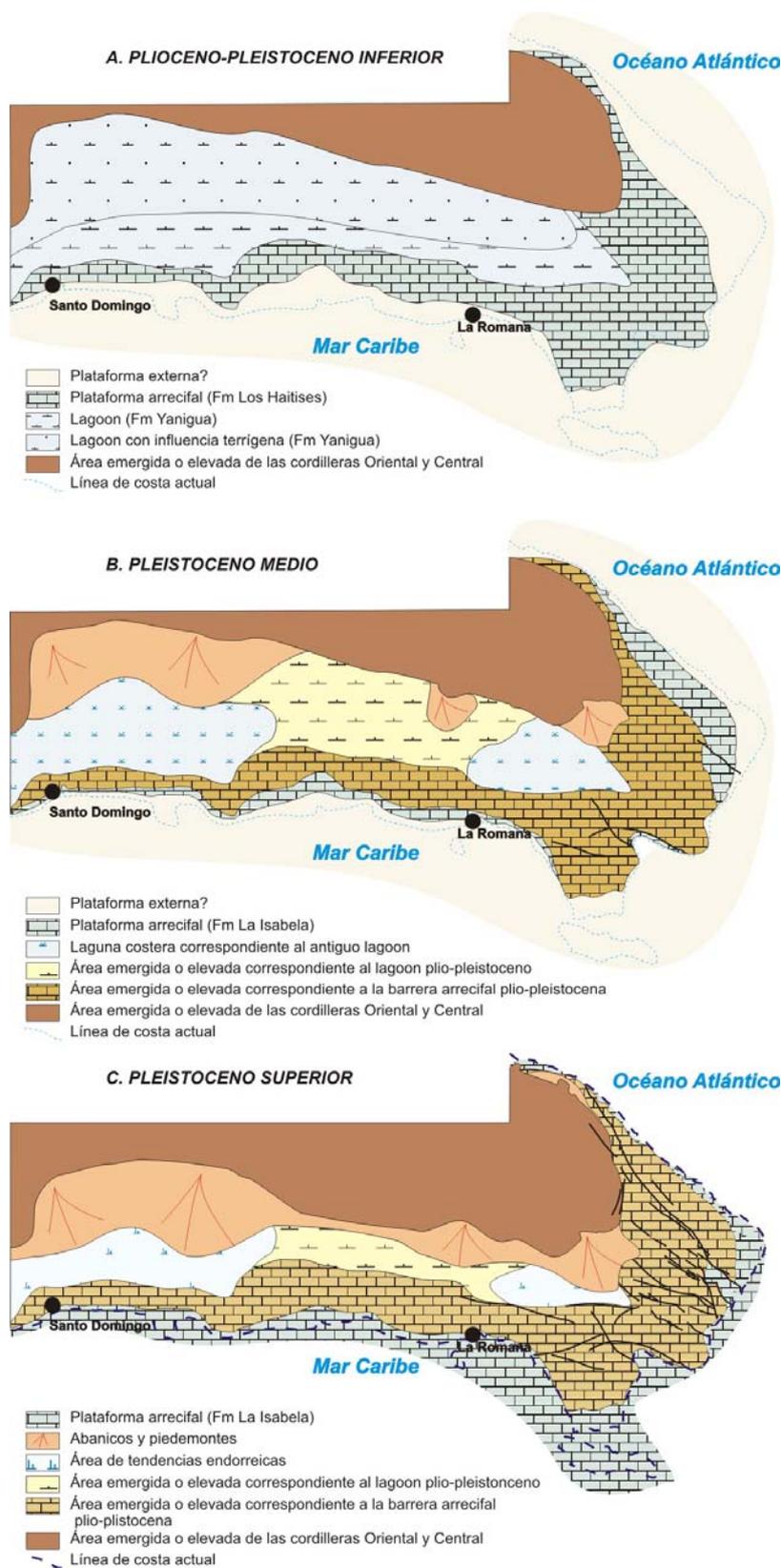


Fig. 5.1. Evolución paleogeográfica de la Llanura Costera del Caribe durante el Plioceno-Pleistoceno

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 de la Llanura Costera del Caribe se empiezan a encajar los ríos procedentes de la Cordillera Oriental (Fig. 5.1). En el sector central y oriental, el desarrollo kárstico ha imposibilitado el desarrollo de cursos fluviales. 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. En la zona de la isla Saona es muy probable que la actividad de las fallas elevo el sustrato plio-pleistoceno (Fm. Los Haitises), de forma que los arrecifes pleistocenos (Fm. La Isabela) ascendieron diferencialmente y configurando la morfología actual de la isla.

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 Mano Juan 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 la Fm La Isabela, la escorrentía se resuelve de forma subterránea.

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 pleistocenos (Fm. La Isabela), afectados por una intensa karstificación y, localmente, fisuración.

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

EDAD	UNIDAD O AGRUPACIÓN HIDROGEOLÓGICA	UNIDADES CARTOGRÁFICAS	LITOLÓGÍAS	GRADO/TIPO DE PERMEABILIDAD	TIPOS DE ACUÍFEROS Y OBSERVACIONES
PLEISTOCENO-HOLOCENO	Depósitos litorales	4, 5, 7, 8, 9 y 10	Arenas y arenas y lutitas	Alta por porosidad intergranular	Acuíferos libres de productividad limitada
	Depósitos kársticos y áreas pantanosas	3 y 6	Lutitas	Baja	Sin acuíferos significativos
	Fm La Isabela	1 y 2	Calizas arrecifales	Muy alta por porosidad intergranular, karstificación y fisuración	Acuífero libre extenso que descarga al mar

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

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

La Fm La Isabela constituye la mayor parte de los afloramientos y a la vez es el acuífero principal, por lo que la práctica totalidad de las elevadas precipitaciones se traduce en escorrentía subterránea con aportes al mar. Se trata de un acuífero libre con fuerte influencia de las aguas marinas. Por todo ello y utilizando de referencia las diversas lagunas que aparecen en la isla, el nivel piezométrico debe ser muy próximo a 0 m sobre el nivel del mar y con fuerte influencia de las precipitaciones. Igualmente, la intrusión salina debe estar condicionada por las precipitación aunque debe ser muy intensa si todas las lagunas de la isla, y en especial la del Secucho, son de agua salada.

Recursos minerales

El área de Hoja está circunscrita al Parque Nacional del Este, y por tanto, como área protegida no existen indicios mineros reconocidos.

.

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 Mano Juan (6470-II) se ha inventariado toda la isla de la Saona como un Lugar de Interés Geológico (Fig. 7.1), puesto que refleja diversos aspectos característicos de la fisonomía de la zona, el más destacado, el escalonamiento dentro de misma Fm. La Isabela, que refleja el retroceso de las plataformas arrecifales de la Llanura Costera del Caribe a lo largo del Cuaternario y su progresivo levantamiento. Además, hay que unirle el alto valor paisajístico.

7.2. Descripción del Lugar

Se describe el L.I.G. considerado, señalando el tipo de interés en función de su contenido (tectónico, estratigráfico, paleontológico...), de su posible utilización (científico, didáctico, económico o turístico), así como de su ámbito de influencia (local, regional, nacional o internacional).



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

- LIG nº 1. Isla Saona

La isla Saona en todo su conjunto constituye un lugar con una perspectiva única de la sedimentación del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe. Su contenido principal es de tipo geomorfológico; por su utilización, posee interés turístico, y su ámbito de utilización es regional.

A lo largo de su costa se pueden apreciar los distintos procesos de sedimentación y erosión ocurridos durante los últimos miles de años. Así, se pueden observar las calizas constituidas por bioconstrucciones arrecifales de la Fm. La Isabela y los escarpes de origen marino-tectónico que constituyen las distintas terrazas marinas de la Llanura Costera del Caribe. Estas terrazas están separadas por escarpes que en su mayoría presentan “notch”, lo que demuestra que en su momento constituyeron acantilados. Además en la costa meridional, se pueden apreciar las crestas y valles

que conforman los cordones litorales, los cuales encierran en su interior las grandes lagunas salinas.

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.
- 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, 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 nº 6372-III (Hato Mayor) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- GEISTER, J. (1982).** Pleistocene reef terraces and coral environments at Santo Domingo and near Boca Chica, southern coast of the Dominican Republic. 9ª Conferencia Geológica del Caribe (Santo Domingo, 1980), 2, 689-703.
- LEA, D.W., MARTIN, P.A., PAK, D.K., SPERO, H.J. (2002).** Reconstruction a 350 ky history of sea-level using planktonic Mg/Ca and oxygen isotope records from a Cocos Ridge core. *Quaternary Science Reviews*, 283, 283–293.
- MANN, P. (1983).** Cenozoic tectonics of the Caribbean structural and stratigraphic studies in Jamaica and Hispaniola. Tesis Doctoral. Universidad de Nueva York, Albany, 688 pp. (Inédito).

- MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F., Eds. (1991).** Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 401 pp.
- MANN, P., PRENTICE, C., HYPPOLITE, J.C., GRINDLAY, N., ABRAMS, L., LAO-DÁVILA, D. (2005).** Reconnaissance study of Late Quaternary faulting along Cerro Goden fault zone, Western Puerto Rico. En: MANN, P. (Ed). Active tectonics and seismic hazards of Puerto Rico, the Virgin Islands, and Offshore Areas. Geological Society of America Special Paper, 385, 115-160.
- MARCANO, E., TAVARES, I. (1982).** Formación La Isabela, Pleistoceno temprano. Publicaciones especiales Museo Nacional de Historia Natural, 3, Santo Domingo, 30 pp.
- MERCIER DE LEPINAY, B. (1987).** L'évolution géologique de la bordure Nord-Caraïbe: L'exemple de la transversale de l'île d'Hispaniola (Grandes Antilles). Tesis Doctoral, Universidad Pierre y Marie Curie, 378 pp. (Inédito).
- NAGLE, F. (1966).** Geology of the Puerto Plata area, Dominican Republic. Tesis Doctoral. Universidad de Princeton, Nueva Jersey, 171 pp. (Inédito).
- PÉREZ-ESTAÚN, A., HERNAIZ, P.P., LOPERA, E., JOUBERT, M., Eds. (2007).** Geología de la República Dominicana. Boletín Geológico y Minero, IGME, 118-2, 155-413.
- PÉREZ-ESTAÚN, A., TAVARES, I., GARCÍA CORTÉS, A., HERNAIZ, P.P., Eds. (2002).** Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. Acta Geologica Hispanica, 37, 77-80.
- PROINTEC (1999).** Prevención de Riesgos geológicos (Riesgo sísmico). Programa SYSMIN, Proyecto D. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- 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.