

Paleogeographic evolution of eastern Hispaniola

J.A. Díaz de Neira, J.C. Braga, J. Mediato, Eric Lasseur, Jacques Monthel, J. García-Senz, P.P. Hernaiz, F. Pérez Cerdán, E. Lopera

▶ **To cite this version:**

J.A. Díaz de Neira, J.C. Braga, J. Mediato, Eric Lasseur, Jacques Monthel, et al.. Paleogeographic evolution of eastern Hispaniola. Boletin Geologico y Minero, 2017, 128 (3), pp.675-694. 10.21701/bolgeomin.128.3.008 . hal-02918394

HAL Id: hal-02918394
https://brgm.hal.science/hal-02918394

Submitted on 6 Dec 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Díaz de Neira, J.A., *et al.,* 2017. Evolución paleogeográfica reciente del sector oriental de La Española. *Boletín Geológico y Minero,* 128 (3): 675-693
ISSN: 0366-0176
DOI: 10.21701/bolgeomin.128.3.008

Evolución paleogeográfica reciente del sector oriental de La Española

J. A. Díaz de Neira[1], J. C. Braga[2], J. Mediato[1], E. Lasseur[3], J. Monthel[3], J. García-Senz[1], P. P. Hernaiz[4], F. Pérez Cerdán[5] y E. Lopera[1]

(1) Instituto Geológico y Minero de España. C/ La Calera 1, 28760 Tres Cantos (Madrid)
j.diazdeneira@igme.es; jf.mediato@igme.es; jesus.garcia@igme.es; e.lopera@igme.es
(2) Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva, 18002 Granada
jbraga@ugr.es
(3) BRGM, Avda./ C. Guillemin, 45060 Orleans (Francia)
e.lasseur@brgm.fr; j.monthel@brgm.fr
(4) INYPSA, c/ General Díaz Porlier 49, 28001 (Madrid)
phh@inypsa.es
(5) Sistemas Avanzados de Tecnología. Avda./ Europa 34 A, 28023 Madrid
fernando.pcerdan@satec.es

RESUMEN

La historia geológica de la isla de La Española registra un continuo incremento de su superficie, al incorporar sucesivas formaciones generadas en ambientes marinos. Dicho incremento es especialmente patente en el sector oriental de la isla, donde al ascenso de una incipiente Cordillera Oriental se han sumado las emersiones sucesivas de la plataforma plio-pleistocena constituida por las formaciones Los Haitises y Yanigua, y de las plataformas arrecifales pleistocenas de la Formación La Isabela, dando lugar a la Llanura Costera del Caribe y a la región de Los Haitises.

Las terrazas marinas escalonadas que reflejan la emersión de las plataformas arrecifales y que integran la Franja Litoral de la Llanura Costera del Caribe, permiten establecer un marco temporal para la secuencia de acontecimientos que condujeron al modelado actual. La correlación de dichas terrazas con las superficies reconocidas en la Cordillera Oriental y en la región de Los Haitises, permite esbozar la evolución paleogeográfica del sector oriental de La Española, cuya fisonomía ha sido adquirida prácticamente a lo largo del Cuaternario. A finales del Plioceno, el sector oriental de La Española poseía una extensión de 4250 km^2, que se incrementó en 8200 km^2 con las emersiones acontecidas en el Calabriense-Pleistoceno Medio y en 1725 km^2 con las emersiones posteriores, hasta alcanzar los 14175 km^2 actuales, lo que supone un incremento superficial superior al 230% durante el Cuaternario.

Palabras clave: Cordillera Oriental, La Española, Llanura Costera del Caribe, Los Haitises, terrazas marinas.

Paleogeographic evolution of eastern Hispaniola

ABSTRACT

The geological record of Hispaniola documents a continuous increase in island surface since the Early Pleistocene due to the emergence of marine deposits. In eastern Hispaniola, the Llanura Costera del Caribe and the Los Haitises regions formed by the emergence in the Early-Middle Pleistocene of limestone of the Los Haitises Formation, and marls and marly limestone of the Yanigua Formation (Pliocene-Early Pleistocene). These formations were both deposited on the platforms surrounding the precursor relief of the Cordillera Oriental. In the Coastal Belt of the Llanura Costera del Caribe, continued uplift and Pleistocene global sea-level changes are reflected by two main stepped depositional terraces comprising reef limestone of the La Isabela Formation. Radiometric dating indicates the lowest terrace of the La Isabela Formation (Lower Surface of the Llanura Costera del Caribe) formed during MIS 5e in the Late Pleistocene. The age of the Upper Surface of the Llanura Costera del Caribe estimated by extrapolation of uplift rates deduced from the age of the lowest terrace is consistent with the available biostratigraphic age (Early Pleistocene) for the last deposition phases of the Los Haitises Formation. Correlation of the Upper Surface with erosional surfaces in the Cordillera

Oriental and the Los Haitises region allows a reconstruction of the palaeogeographic changes in eastern Hispaniola during the Quaternary.

Keywords: Cordillera Oriental, Hispaniola, Llanura Costera del Caribe, Los Haitises, marine terraces.

ABRIDGED ENGLISH VERSION

Introduction

The uplift of Hispaniola increased the island surface during the Pliocene and Quaternary, mainly due to the emersion of marine sedimentary rocks. The palaeogeographic evolution of eastern Hispaniola during this interval can be reconstructed with data from the sedimentary record and the landforms in the three main physiographic domains: Cordillera Oriental, Los Haitises region, and the Llanura Costera del Caribe (Fig. 1).

The Cordillera Oriental is an E-W oriented mountain chain 150 km long, with the highest elevation in its eastern sector (Loma Vieja, 736 m). The cordillera mainly comprises rocks formed in a Cretaceous island arc (Fig. 2), which are affected by open folds cut by networks of NW-SE and E-W faults (García-Senz et al., 2007b).

The Los Haitises region, northeast of the Cordillera Oriental, is a karstic area with a well-developed cockpit landscape with a maximum elevation of 340 m. The region comprises rocks formed in a carbonate platform during the Pliocene-Early Pleistocene (Los Haitises and Yanigua formations; Braga et al., 2012) that are tilted to the north and affected by NW-SE strike-slip faults.

The Llanura Costera del Caribe (LCC) is the largest coastal plain in the Dominican Republic, rarely reaching elevations of over 100 m. The shoreline mainly consists of low cliffs except for the north-eastern shore, where long sand beaches extend for kilometres. The plain covers sedimentary rocks deposited on a carbonate platform during the Pliocene-Early Pleistocene (Los Haitises and Yanigua formations; Braga et al., 2012) and reef terraces Middle-Late Pleistocene in age (La Isabela Formation). The region is virtually undeformed, except for NNW-SSE and ESE-WNW faults in the eastern sector.

This paper aims to describe the main traits of the geomorphology of eastern Hispaniola, focusing on the marine terraces, and to reconstruct the palaeogeographic evolution of the area since the Pliocene.

Methods

This work is based on information gathered by geomorphological mapping at the 1:100000 scale of eastern Hispaniola as part of a geological survey funded by the European Union (Programs Sysmin I and II). This information, together with digital elevation models, photointerpretation, and topographic documents, has been used to prepare a schematic geomorphologic map of the region (Fig. 3), and geomorphologic profiles and block diagrams.

Results

Two major physiographic domains can be distinguished within the Llanura Costera del Caribe (Fig. 4) from a morphological point of view. The Coastal Belt is characterized by three main depositional marine terraces mainly comprising reef carbonates (Fig. 5). The top of the highest terrace made up of the Los Haitises Formation is the Upper Surface of the Llanura Costera del Caribe. Its elevation ranges from 120 m at both the western and eastern ends to less than 40 m near Boca Chica. The top of the highest terrace comprising carbonates of the La Isabela Formation is the Intermediate Surface, which rises in elevation from 20 to 50 m. The Lower Surface caps the lowest major terrace of the La Isabela Formation carbonates. Its height is generally 6-10 m, reaching up to 20 m at the toe of the cliff that is its inland boundary. Six to seven minor terraces with laterally limited continuity can be locally distinguished within the lowest terrace. These major surfaces have been affected by later karstification, faulting, and fluvial incision (Fig. 5d). The Inner Belt is characterized by low hills comprising a marly substrate, small lakes, marshes, and closed basins of diverse origin. The largest landforms in this domain are the alluvial fans fringing the Central and Oriental cordilleras and locally the plains of major rivers. An erosion surface south of El Seibo at 100 m can be correlated with the Upper Surface of the Coastal Belt (Fig. 5c).

Despite a similar bedrock composition (Braga et al., 2012), the morphostructure of the Los Haitises region is very different from that of the Llanura Costera del Caribe (Fig. 5). The top surface of the Los Haitises Formation carbonates (Los Haitises Surface; Díaz de Neira et al., 2007) is slightly tilted to the north, dropping from 300 m at its southern margin down to sea level. The carbonates are intensively karstified, showing spectacular cockpit landforms.

The open folding of the Mesozoic rocks and block faulting determine the morphostructure of the Cordillera Oriental (Figs. 3, 5). NW-SE strike-slip faults control the orientation of the main valleys and elevations. E-W and NNW-SSE faults influence the structure in the northern and eastern parts of the cordillera, respectively. The Miches Surface (Díaz de Neira et al., 2007) corresponds to a degraded abrasion platform descending from 600 m at its eastern margin to 150 m at the hanging southwestern wall of the Yabón fault. Except for the Yabón, rivers on the northern slope of the cordillera are small and steep, whereas those of the southern slope are gentler and longer, with larger flows. Deep chemical weathering is responsible for the thick red clay mantle on all bedrock types except intrusive rocks, which are capped by sands resulting from arenization.

Radiometric analyses of corals from the lowest depositional terrace of the La Isabela Formation (Lower Surface of the Llanura Costera del Caribe) yield ages corresponding to Marine Isotopic Stage 5e (MIS 5e; Fig. 6) in which sea level was 3-6 m higher than now (Blanchon et al., 2009). As its maximum elevation is 10 m, the uplift rate of the Lower Surface has been 0.033-0.034 mm/year at the transect where the corals were dated. Extrapolating this uplift rate, the Intermediate Surface probably formed during MIS 11, about 400 ka ago, and the Upper Surface during the Calabrian (Early Pleistocene). The latter age is in agreement with the biostratigraphic dating of the last episodes of the Los Haitises Formation deposition.

Discussion

According to the available age data and inferred correlations, the Upper Surface of the LCC, the Los Haitises Surface, the Miches Surface, and the surface west of El Seibo were submerged during the Pliocene-Early Pleistocene. The first two correspond to the depositional top of the Los Haitises carbonate platform, whereas the others probably reflect abrasion platforms (Fig.7). The emergent land was restricted to the present-day Cordillera Central and small islands that were the precursors of the Cordillera Oriental (Fig. 8).

The uplift of the Pliocene-Lower Pleistocene platforms during the Calabrian-Middle Pleistocene doubled the extension of the emergent land. The Llanura Costera del Caribe resulted from the emersion of the platform south of the Cordillera Oriental. The morphology of the LCC reflects the depositional environments of the carbonate platform: the former reef barrier has become a narrow belt of higher elevations (Upper Surface of the LCC), whilst the lagoon in which the Yanigua marls accumulated gave way to closed drainage basins inland from the Upper Surface (Fig. 9). The Miches Surface emerged due to coeval uplift of the Cordillera Oriental.

The emergence of the Intermediate Surface (Upper Terrace of the La Isabela Formation) took place in the Middle Pleistocene. The eastern part of the Upper Terrace of the La Isabela Formation was affected by faulting and the Upper Pleistocene deposits of La Isabela drape the depressions and highs of the tilted fault blocks. The influx of coarse-grained siliciclastics in the reef carbonates at their mouths indicates that the Chavón and Yuma rivers reached the Caribbean Sea during the Late Pleistocene. The uplift of the Lower Terrace of the La Isabela Formation completed the Coastal Belt of the Llanura Costera del Caribe (Fig. 10). The rivers of the endorheic basins in the Inner Belt, such as the Ozama precursor, were captured and opened their drainage to the Caribbean Sea through the Upper Pleistocene carbonates of the Lower Terrace. The emergent areas have suffered intense weathering, with karstification of carbonates, arenization of intrusive rocks, and argillization of the rest of the bedrock types. The erosion and redeposition of the thick red clay mantle produced large alluvial fans at the toe of the cordilleras.

Continued Late Pleistocene-Holocene uplift caused the formation of small coastal plains on the northern slope of the Cordillera Oriental and the emergence of the eastern end of the Cibao valley, welding the Samaná peninsula to Hispaniola.

Introducción

La isla de La Española se localiza en el sector septentrional de la placa del Caribe, junto a su límite con la placa Norteamericana (Mann *et al*., 1991), área de notable actividad geodinámica que ha sufrido un continuo ascenso durante el Plioceno-Cuaternario. Este ascenso ha provocado la emersión de las rocas sedimentarias de las plataformas marinas que en el sector oriental de la isla bordeaban el sureste de la Cordillera Central y la incipiente Cordillera Oriental, dando origen a la Llanura Costera del Caribe y a la región de Los Haitises (Díaz de Neira *et al*., 2007; Braga *et al*., 2012), aumentando en más del triple la extensión de la región.

El registro sedimentario y diversos rasgos geomorfológicos, principalmente terrazas marinas, permiten reconstruir la evolución plio-cuaternaria de la Llanura Costera del Caribe y la región de Los Haitises. La ausencia de sedimentos apropiados en la Cordillera Oriental hace que su evolución reciente sea reconstruida principalmente en base a elementos geomorfológicos correlacionables con los de los dominios anteriores.

Antecedentes

La mayor parte de las referencias bibliográficas relativas al sector oriental de la República Dominicana anteriores al presente siglo están incluidas en estudios de escala insular. Entre los trabajos más específicos, los más numerosos se centran en los materiales neógenos y cuaternarios de la Llanura Costera del Caribe y la región de Los Haitises, destacando los de Barrett (1962), Brouwer y Brouwer (1982), Geister (1982), Schubert y Cowart (1982) e Iturralde-Vinent (2001). En la Cordillera Oriental destacan las tesis doctorales de Bourdon (1985) y Bowin (1960), aunque ésta afecta sólo parcialmente a la cordillera.

Durante el presente siglo, sin olvidar algunos trabajos geomorfológicos puntuales (Díaz del Olmo y Cámara, 2003; Martínez Batlle *et al*., 2003), han sido los Programas SYSMIN I (2002-2004) y II (2007-2011), financiados por la Unión Europea, los que han incrementado notablemente el conocimiento geológico del sector oriental de La Española mediante un plan sistemático de cartografía geológica (escala 1/50000) y geomorfológica (escala 1/100000), que incluye estudios estratigráficos, estructurales, paleontológicos y petrológicos. En la primera fase se abordaron extensas áreas de la Cordillera Oriental y de la región de Los Haitises, derivando de sus avances el volumen monográfico de Pérez-Estaún *et al*. (2007), que incluye las publicaciones de García-Senz *et al.* (2007a y b) sobre la estratigrafía y la estructura de la cordillera, y de Díaz de Neira *et al.* (2007), acerca de la evolución paleogeográfica de la región.

En la segunda fase del Programa, además de completarse el estudio de la Cordillera Oriental y la región de Los Haitises, se produjo un significativo avance estratigráfico, sedimentológico y paleogeográfico sobre los materiales plio-cuaternarios de la Llanura Costera del Caribe, plasmado en los trabajos de Braga *et al*. (2012) y Díaz de Neira *et al*. (2015), relativos a las formaciones Yanigua y Los Haitises, así como a la paleogeografía de la llanura, respectivamente.

Objetivos

El objetivo principal del presente artículo es precisar y completar el cuadro evolutivo de la región oriental dominicana gracias al conocimiento alcanzado sobre la Llanura Costera del Caribe durante la realización del Programa SYSMIN II. Para alcanzar tal fin, constituye un objetivo previo la descripción geomorfológica del sector oriental de La Española, con énfasis en las terrazas marinas, ya que permiten correlaciones entre los diversos dominios geológicos.

Metodología

Este trabajo se basa en la información recopilada durante la realización de la cartografía geomorfológica de las hojas a escala 1/100000 del sector oriental de la República Dominicana, dentro del marco de los Programas SYSMIN I y II. Reuniendo y mejorando la información de dichas hojas, se ha elaborado un mapa geomorfológico esquemático mediante un análisis fotogeológico y con la ayuda de documentos topográficos y modelos digitales de elevación del terreno. Para una mejor comprensión de la evolución paleogeográfica, se han elaborado gráficos de apoyo, como perfiles geomorfológicos y bloques diagrama.

Zona de estudio

El sector oriental de la República Dominicana (Fig. 1) incluye tres dominios fisiográficos principales, la Cordillera Oriental, la región de Los Haitises y la Llanura Costera del Caribe, además de la Llanura Costera de Miches y Sabana de la Mar y áreas marginales de la Cordillera Central y el valle del Cibao (De la Fuente, 1976).

La Cordillera Oriental se extiende con orientación E-O a lo largo de 150 km, desde las inmediaciones de Cotuí hasta las de Higüey. Con objeto de facilitar la comprensión del presente trabajo, el territorio denominado aquí Cordillera Oriental implica tanto un sentido geográfico como geológico, obviando términos como sierras de Yamasá y de El Seibo, o el de Cordillera Oriental restringido al sector más oriental (De la Fuente, 1976). Su fisonomía de cordillera es más nítida al este, donde alcanza su máxima altitud (Loma Vieja, 736 m); se estrecha y disminuye su altitud en el sector central (norte de Bayaguana, 200 m), ensanchándose y elevándose nuevamente al oeste (La Naviza, 680 m).

Al noroeste, la región de Los Haitises se diferencia de la cordillera por su peculiar fisonomía de karst tropical, a modo de espectacular relieve en "caja de huevos" (*cockpits*). Alcanza sus máximas cotas, cercanas a 340 m, en su parte meridional, descendiendo progresivamente tanto hacia el sur como hacia el norte, en este caso hasta la bahía de Samaná y el valle del Cibao. Por su orografía y evolución puede ser considerada como parte de la Cordillera Oriental, pero siguiendo la línea de algunos trabajos previos, en este artículo se trata a la región de Los Haitises como un dominio independiente (De la Fuente, 1976) cuya estratigrafía y paleogeografía están vinculadas a la Llanura Costera del Caribe (Braga *et al*., 2012).

La Llanura Costera del Caribe es la mayor planicie



Figura 1. Esquema de situación y principales elementos fisiográficos de la zona de estudio.
Figure 1. *Location and main physiographic domains of the study area.*

litoral de la República Dominicana, con 240 km de longitud y 10-40 km de anchura. Excepto en sus extremos, se dispone al sur de la Cordillera Oriental con dirección E-O: en el extremo oriental se arquea hacia el norte, rodeando a la cordillera, y en el occidental adquiere orientación NE-SO, bordeando a la Cordillera Central. Constituye una monótona planicie, que sólo ocasionalmente sobrepasa 100 m de altitud, surcada de norte a sur por escasos pero notables ríos: Nizao, Haina, Ozama, Higuamo, Soco, Chavón y Yuma, de oeste a este. Pese a la envergadura de éstos, es una región con drenajes deficientes, especialmente en su franja costera. Excepto en el extremo nororiental, donde predominan las playas, que alcanzan varias decenas de kilómetros de longitud, el litoral es una costa baja, pero acantilada, en la que se intercalan pequeñas playas.

La Llanura Costera de Miches y Sabana de la Mar está integrada por reducidas planicies del litoral atlántico, de altitud inferior a 25 m, al sur de las cuales se alza bruscamente la Cordillera Oriental.

Marco geológico

La Cordillera Oriental está limitada por las fallas Meridional de Samaná (N) y de Hatillo (O), que la separa de la Cordillera Central, y por los materiales plio-cuaternarios de la Llanura Costera del Caribe (S y E), quedando soterrada en buena medida por las rocas carbonatadas de la región de Los Haitises en el sector noroccidental (Fig. 2). Está integrada principalmente por rocas de arco insular cretácicas, reconociéndose de muro a techo los siguientes conjuntos: i) Rocas volcánicas y volcano-sedimentarias (Formación Los Ranchos, Cretácico Inferior; Bowin, 1966), aflorantes en el sector occidental; ii) Calizas (Formación Hatillo, Aptiense-Albiense; Bowin, 1966); iii) Rocas sedimentarias con intercalaciones volcánicas, del Cretácico Superior; predominan las rocas detríticas (Formación Las Guayabas), sobre las que en el sector oriental se disponen las rocas carbonatadas de las formaciones Río Chavón y Loma de Anglada (García-Senz *et al.*, 2007a); iv) Rocas intrusi-

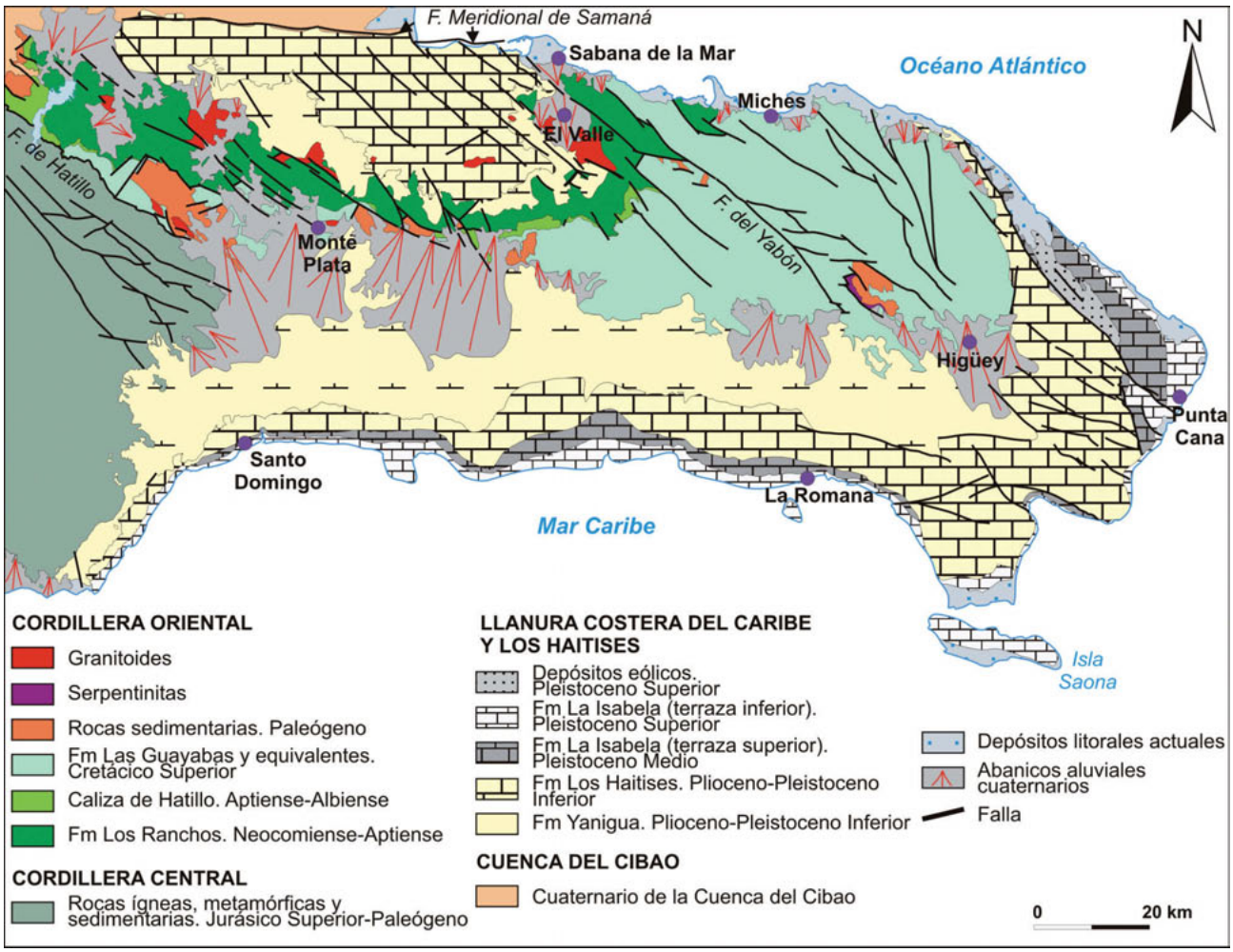


Figura 2. Esquema geológico del sector oriental de La Española.
Figure 2. *Schematic geological map of eastern Hispaniola.*

vas en el conjunto cretácico; y v) Rocas sedimentarias paleógenas, discordantes sobre los materiales cretácicos, escasamente representadas. Su estructura interna está formada por pliegues de amplio radio (excepto en el sector suroriental), afectados por una densa red de fracturación NO-SE, formada principalmente a comienzos del Cenozoico, de entre la que destaca la falla del Yabón. Estas estructuras están afectadas por desgarres E-O, generados en el Mioceno, destacando la falla Meridional de Samaná.

La Llanura Costera del Caribe y la región de Los Haitises están constituidas por rocas depositadas en plataformas carbonatadas durante el Plioceno-Pleistoceno (Braga *et al.*, 2012). En ellas, las construcciones arrecifales de la Formación Los Haitises (Brouwer y Brouwer, 1982) protegían el *lagoon* en el que se depositó la Formación Yanigua (Brouwer y Brouwer, 1982) al que llegaban descargas terrígenas desde los relieves circundantes. La emersión de las plataformas, más acusada en la región de Los Haitises, donde las rocas carbonatadas se encuentran basculadas hacia el norte, condiciona la morfoestructura de ambos dominios. En el caso de la Llanura Costera, la emersión provocó la migración hacia el mar de las sucesivas construcciones arrecifales de la Formación La Isabela (Marcano y Tavares, 1982), originando las terrazas escalonadas que caracterizan la morfología de la franja litoral. Tanto la región de Los Haitises como el sector oriental de la Llanura Costera del Caribe están afectados por una red de de fallas de dirección NO-SE, mientras que en el resto de la llanura no existen estructuras tectónicas notables.

Los depósitos cuaternarios están ampliamente distribuidos por la periferia de las cordilleras, predominando los de origen aluvial y litoral en la Llanura Costera del Caribe, los de carácter litoral en la Llanura

Costera de Miches y Sabana de la Mar, y los de naturaleza kárstica en la región de Los Haitises.

Resultados

Aunque la morfoestructura de la región (Fig. 3) está muy condicionada por la actividad ígnea, sedimentaria y tectónica del periodo Cretácico-Terciario, son los procesos acontecidos durante el Plioceno-Cuaternario los responsables principales del modelado observable hoy día. Estos procesos han dejado evidencias en la región de Los Haitises y, muy especialmente, en la Llanura Costera del Caribe, aunque sus signos son menos evidentes en la Cordillera Oriental.

Llanura Costera del Caribe

Desde un punto de vista geomorfológico, en la Llanura Costera del Caribe se reconocen dos dominios netamente diferentes: i) La Franja Litoral, integrada por terrenos calcáreos dispuestos en terrazas marinas escalonadas; ii) El Cinturón Interior, integrado por materiales margoso-calizos y detríticos que configuran relieves suaves y poco definidos, generalmente dispuestos a cotas inferiores a las máximas del dominio anterior (Fig. 4).

La morfoestructura de la Franja Litoral se basa en la existencia de tres terrazas marinas principales, prácticamente continuas (Fig. 3) y escalonadas en paralelo al litoral (Fig. 4), cuyo techo constituye las superficies Superior, Intermedia e Inferior de la

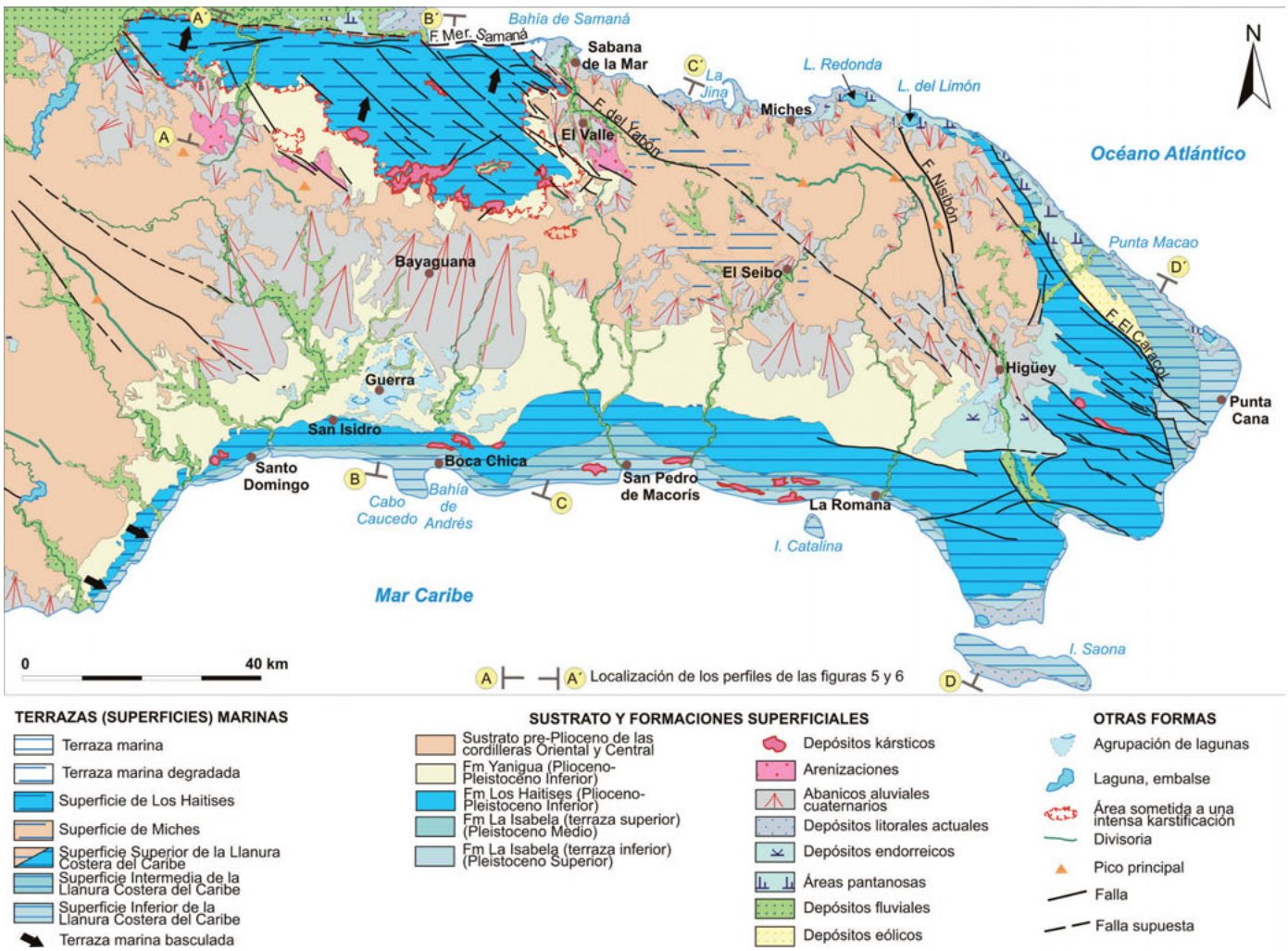


Figura 3. Esquema geomorfológico del sector oriental de La Española, con especial hincapié en las terrazas marinas.
Figure 3. *Schematic geomorphological map of eastern Hispaniola, emphasizing the marine terraces.*

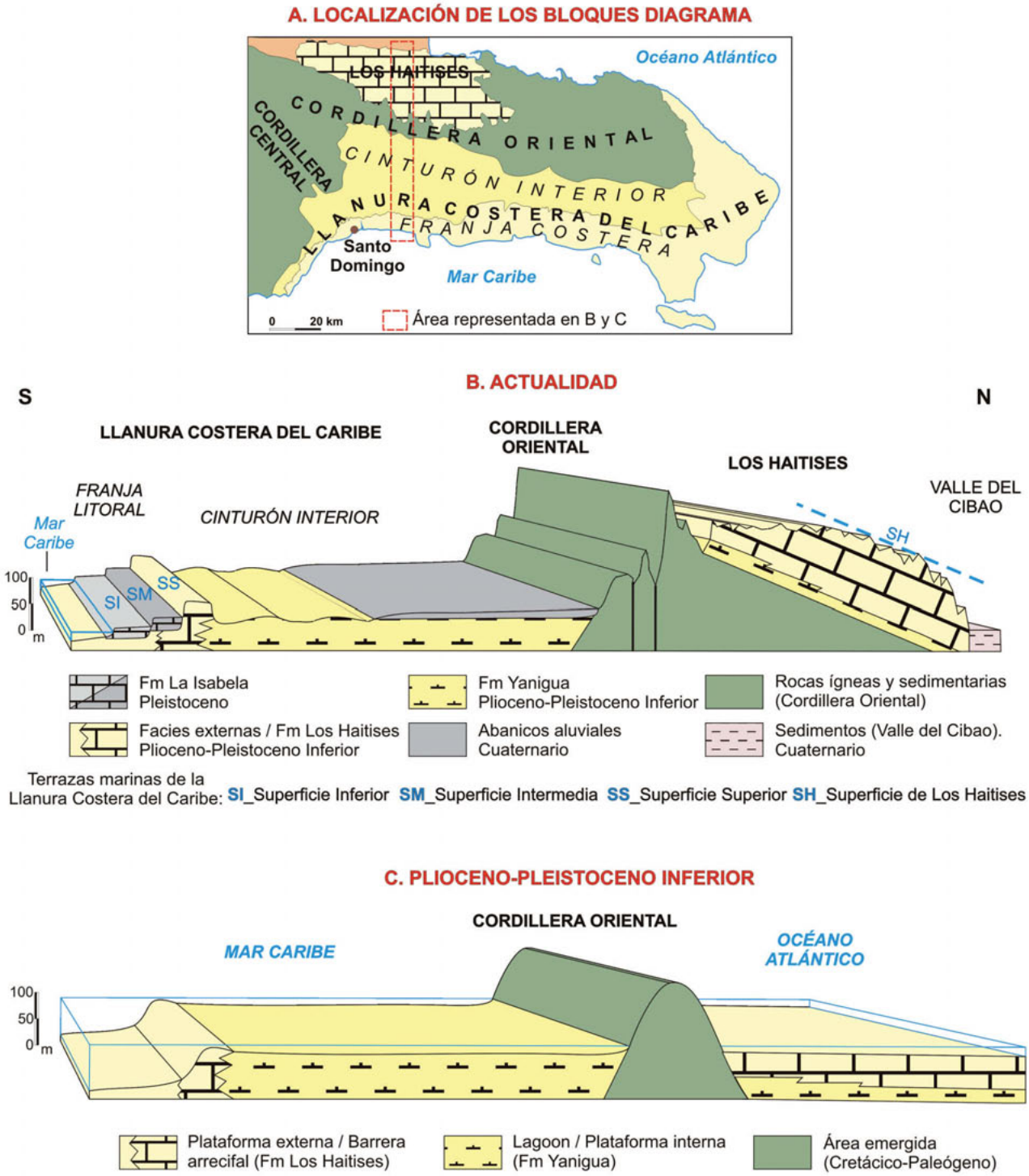


Figura 4. Relación entre el relieve actual (B) y la morfología de las plataformas del Plioceno-Pleistoceno Inferior (C) en la Llanura Costera del Caribe y la región de Los Haitises.
Figure 4. *Schematic block diagrams showing the relationship between the present-day morphology (B) and the Pliocene-Early Pleistocene platform morphostructure (C) of the Llanura Costera del Caribe and the Los Haitises region.*

Llanura Costera del Caribe (Fig. 5b, c, d; Díaz de Neira, 2011). Se observan otras terrazas de extensión mucho menor, incluidas en las superficies Inferior e Intermedia; su número varía lateralmente y la sucesión de terrazas más completa se localiza frente a isla Catalina, con 6-7 niveles, si bien algunos autores han

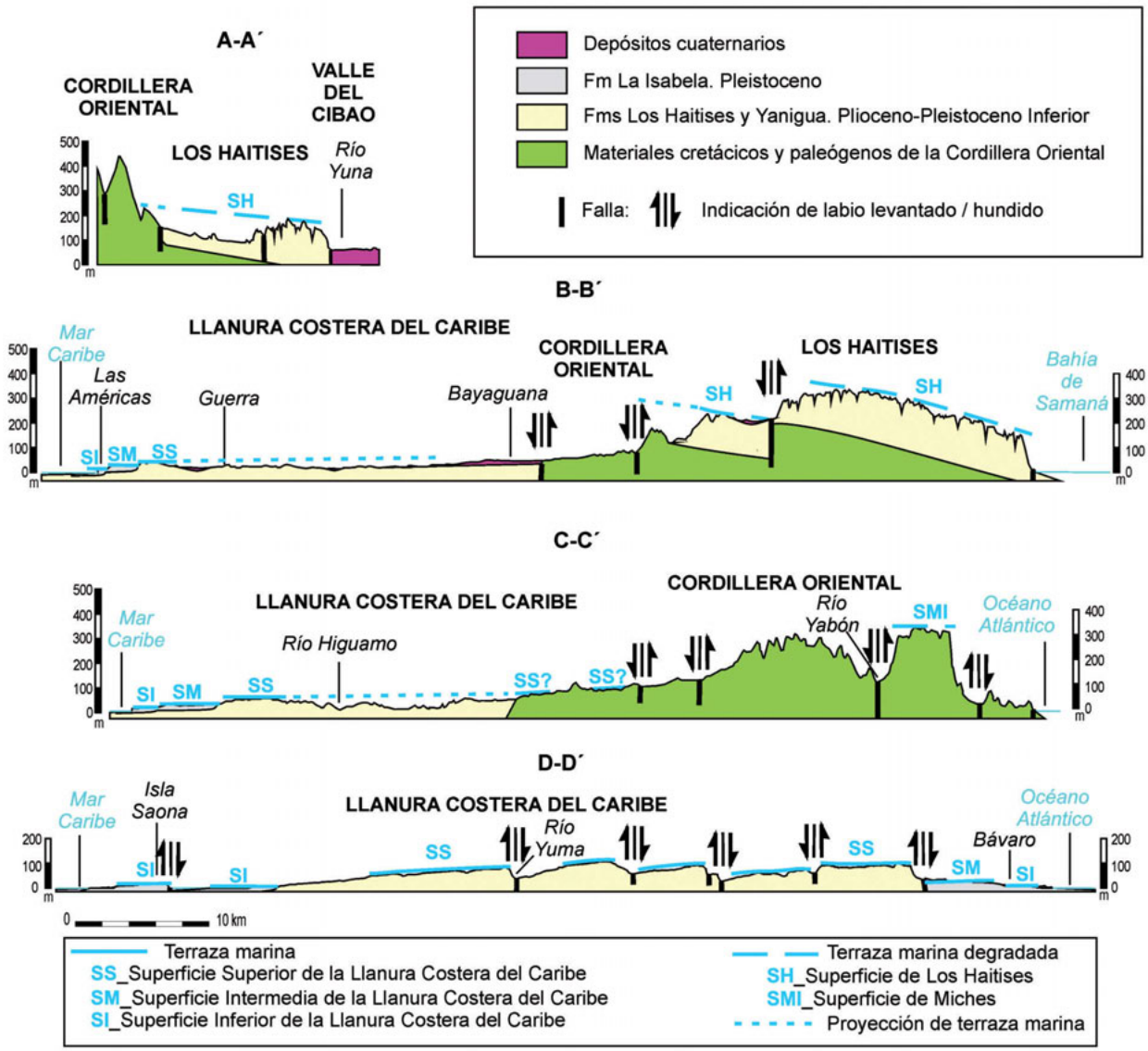


Figura 5 Perfiles topográficos de la Llanura Costera del Caribe, la Cordillera Oriental y la región de Los Haitises (Situación de los perfiles en la Fig. 3).
Figure 5. *Topographic profiles of the Llanura Costera del Caribe, the Cordillera Oriental, and the Los Haitises regions (Location of profiles in Fig. 3).*

señalado un número mayor (Barrett, 1962; Geister, 1982; Schubert y Cowart, 1982). Generalmente, son terrazas de depósito, exceptuándose la terraza de +2-3 m de la bahía de Andrés, de carácter erosivo.

La Superficie Superior está generada por el techo de la Formación Los Haitises. Aumenta su anchura desde unos 2 km en el ámbito de Santo Domingo hasta algo más de 15 km en el sector oriental. Su altitud varía lateralmente en mayor medida que las restantes superficies, con un valor máximo superior a +120 m en los extremos de la llanura, donde está deformada, descendiendo en el ámbito de Santo Domingo y La Romana a +60 m y alcanzando su valor mínimo, inferior a +40 m, al norte de Boca Chica.

La Superficie Intermedia orla a la anterior hacia el mar, estando constituida por el techo de la terraza más alta de la Formación La Isabela (de las dos extendidas por la práctica totalidad de la llanura). En los sectores occidental y central su anchura es de 1-2 km, interrumpiéndose al este de La Romana y reapareciendo en el ámbito de Punta Cana, donde su anchura aumenta hasta unos 8 km, encontrándose localmente oculta bajo acumulaciones de origen eólico. En Santo Domingo su altitud supera +40 m, descen-

diendo hacia el este hasta +20 m a partir de Boca Chica; en el sector de Punta Cana, su altitud aumenta hacia el interior desde +20 m hasta +50 m, encontrándose basculada hacia el norte, de forma que desaparece a cotas inferiores a +5 m bajo depósitos litorales actuales. El paleoacantilado que constituye el límite interior de esta terraza posee desniveles cercanos a 20 m, superando 40 m en el extremo oriental, si bien aquí suele coincidir con el trazado de fallas.

La Superficie Inferior posee una mayor continuidad que la anterior, aunque también desaparece al este de La Romana. En el ámbito de Punta Cana se encuentra parcialmente oculta por un complejo litoral fósil y muestra un ligerísimo basculamiento hacia el norte, sumergiéndose bajo depósitos costeros en las proximidades de Punta Macao. Posee una anchura de 1-2 km, con un notable ensanchamiento en Cabo Caucedo y Punta Cana, donde sobrepasa 7 km. Su altitud más frecuente varía entre +6-10 m, pero puede llegar a +20 m en las proximidades del paleoacantilado que la delimita por el interior; éste suele ser poco pronunciado, con desniveles inferiores a +10 m. En la zona de Cabo Caucedo-San Pedro de Macorís, una superficie de erosión cubierta por un paleosuelo separa unas calizas arrecifales inferiores de las que constituyen el techo de la terraza (Geister, 1982).

Las terrazas han sido retocadas por tres procesos principales: encajamiento fluvial, karstificación y fracturación. El encajamiento fluvial prácticamente se restringe a los grandes ríos, manifestándose por cañones como los de los ríos Chavón y Ozama. La karstificación ha generado un extenso lapiaz y un notable desarrollo endokárstico, confiriendo a las formaciones Los Haitises y La Isabela una alta capacidad de infiltración, con frecuentes pérdidas de drenaje como la del río Brujuelas, que desaparece al norte de Boca Chica; también abundan las dolinas de fondo plano, de varios kilómetros de diámetro o eje mayor. La fracturación, restringida al sector oriental, posee una orientación preferente NNO-SSE a ESE-ONO; las fallas alcanzan varias decenas de kilómetros de longitud, siendo su principal efecto la desnivelación de bloques (Fig. 5d); en ocasiones, las fallas se asocian con suaves pliegues de idéntica orientación.

La fisonomía del Cinturón Interior se caracteriza por relieves poco contrastados, resultantes de una erosión poco enérgica de las margas del *lagoon* plioceno (Formación Yanigua). Sus formas más extensas son los abanicos aluviales de baja pendiente que orlan los relieves circundantes. Al norte del sector Santo Domingo-San Pedro de Macorís y al sur de Higüey, el Cinturón Interior presenta altitudes inferiores a las de la Superficie Superior, lo que sugiere que en el pasado ambas áreas fueron cuencas endorreicas. En sus zonas más bajas albergan numerosas lagunas y áreas endorreicas y pantanosas, como vestigios de dicho pasado. Localmente, también destacan por su extensión las llanuras aluviales de los grandes ríos.

Al sur de El Seibo se reconoce una superficie de erosión de cota cercana a +100 m, incidida por la red fluvial y de la que sobresalen pequeños cerros cónicos y elevaciones de origen litoestructural (cuestas, *hogbacks*, crestas y barras), generadas a favor de las rocas del Cretácico Superior. Su cota y la ausencia de deformaciones al sur de la superficie, sugieren su correlación con la Superficie Superior (Fig. 5c).

Región de Los Haitises

Aunque su litoestratigrafía es muy similar a la de la Llanura Costera del Caribe (Braga *et al.*, 2012), su morfoestructura es muy diferente (Figs. 4b, 5b), ya que los materiales aflorantes en esta región han sido elevados y deformados junto con el sustrato cretácico-paleógeno de la Cordillera Oriental. Además, los materiales calcáreos de la Formación Los Haitises, que constituyen la mayor parte de los afloramientos, han sufrido una espectacular karstificación, favorecida por la fracturación y la elevada pluviometría de la zona.

A grandes rasgos, la región está constituida por una plataforma carbonatada, con una superficie muy degradada y suavemente basculada hacia el NNE, denominada Superficie de Los Haitises (Díaz de Neira *et al.*, 2007), que desciende desde cotas superiores a 300 m en su parte meridional, hasta prácticamente el nivel del mar en la bahía de Samaná. Su peculiar fisonomía se debe al desarrollo de un karst tropical sobre el techo de la Formación Los Haitises, de modo que la superficie original ha sido profundamente transformada por la creación de un denso campo de dolinas cuyos ejes mayores y diámetros pueden superar 500 m, con frecuentes profundidades de hasta 100 m. Configuran un monótono entramado de montículos (o mogotes) y depresiones cerradas, a modo de *cockpits* (caja de huevos), alineadas en dirección NO-SE, orientación de la fracturación que afecta a la cobertera plio-cuaternaria y al sustrato cretácico-paleógeno. La fisonomía del borde meridional de la región varía sensiblemente, con numerosos poljés y uvalas de dimensiones kilométricas, así como mogotes o *hums* (haitises) a modo de relictos del macizo original.

La intensa karstificación de la región prácticamente ha imposibilitado el desarrollo de drenajes superficiales, siendo contados los cursos fluviales existentes; por ello, los depósitos cuaternarios están

representados casi exclusivamente por arcillas de descalcificación.

La degradación de la Superficie de Los Haitises no permite confirmar si se trata de una superficie única o en realidad se descompone en diversas superficies escalonadas, como se observa en otras regiones de la República Dominicana que han sufrido elevaciones similares (Promontorio de Cabrera y Macizo de El Choco, en la Cordillera Septentrional).

Cordillera Oriental

Su morfoestructura está muy condicionada por la estructuración de sus materiales cretácicos y paleógenos y por el desnivel de bloques por fallas, habiendo sido retocada, con mayor o menor eficacia según las zonas, por la actividad marino-litoral, la dinámica fluvial y la meteorización química (Figs. 3, 5a, b, c).

Las fallas principales corresponden a desgarres de longitud superior a 10 km, que condicionan la orientación de las elevaciones y los valles principales. Predominan las de dirección NO-SE, destacando la falla del Yabón, desgarre siniestro de más de 50 km de longitud, que alcanza su máxima expresión entre El Valle y El Seibo, donde exhibe facetas triangulares de escarpe de falla y provoca cambios bruscos de pendiente, alineación de grandes valles, desnivel de las plataformas de abrasión y pendientes anómalas en la red de drenaje. También destacan las fallas de dirección E-O, en el sector septentrional (falla Meridional de Samaná), y NNO-SSE, en el extremo oriental (falla de Nisibón).

La Superficie de Miches (Díaz de Neira *et al*., 2007), es uno de los elementos morfológicos más destacados de la mitad oriental de la cordillera. Se trata de una plataforma de abrasión degradada (Figs. 3, 5c) relacionada con la dinámica marino-litoral pretérita, rodeada por escarpes de hasta 400 m de desnivel. Desciende desde 600 m en el sector oriental, hasta 230 m en el occidental, pero su degradación no permite concluir si el descenso se debe a un basculamiento de la superficie hacia el oeste, o a un escalonamiento en diversas superficies. Se observa otro descenso de esta plataforma al pasar al bloque suroccidental de la falla del Yabón, donde la superficie desciende a cotas inferiores a 150 m.

La geometría de la red fluvial está fuertemente influida por la estructura. Excepción hecha del río Yabón, la vertiente septentrional se caracteriza por ríos cortos y de fuertes pendientes, en tanto que la meridional alberga cursos más largos y caudalosos, de menor pendiente, entre ellos los ríos Brujuelas, Higuamo, Soco, Chavón y Yuma. Muestran fuertes encajamientos y baja sinuosidad, ensanchándose notablemente al llegar a las planicies circundantes, donde con frecuencia adquieren carácter meandriforme.

La meteorización química que afecta a los materiales cretácicos es muy intensa, siendo su resultado un potente e irregular manto arcilloso rojo de alteración, de carácter laterítico; en la Superficie de Miches, la intensa argilización y rubefacción ha favorecido un modelado en "medias naranjas". En las rocas intrusivas, la notable meteorización química debida a la agresividad del clima ha producido pequeños relieves de bolos y berrocales, así como extensas arenizaciones, destacando la del plutón de El Valle, que ha provocado la creación de una marcada depresión.

Llanura Costera de Miches y Sabana de la Mar

Se trata de un grupo de pequeñas planicies costeras constituidas por depósitos cuaternarios de origen fluvial, litoral y lacustre-endorreico, siendo los más extensos los abanicos aluviales y conos de deyección que orlan la cordillera Oriental, así como el primitivo delta del río Yabón, generador de la llanura de Sabana de la Mar. En la franja costera abundan las playas, los cordones litorales y las marismas, destacando las flechas litorales de La Jina y Sabana de la Mar por su peculiar forma en planta, a modo de gancho (Fig. 3). También son numerosas las áreas pantanosas o ciénagas, así como las lagunillas y lagunas, destacando las del Limón y Redonda.

Datos cronológicos y tasas de elevación

Desde sus orígenes en el Mesozoico, la isla de La Española ha seguido una tendencia ascendente debido a su ubicación en un contexto de convergencia entre las placas Norteamericana y del Caribe (Burke *et al*., 1978). La elevación del sector oriental de La Española ha quedado parcialmente registrada a partir del Plioceno por diversos depósitos y formas que testimonian las variaciones relativas del nivel del mar en los últimos tiempos (Fig. 6), con independencia de los efectos producidos por la compartimentación y desnivelación asociadas a algunas fallas.

La ausencia de estructuras tectónicas en el sector Santo Domingo-La Romana hace de éste un lugar idóneo para establecer pautas de evolución recientes de carácter general, aunque poco detalladas por la escasez y falta de precisión de la mayoría de los datos cronológicos existentes. En la Cordillera Oriental y la región de Los Haitises, la deformación y la meteoriza-

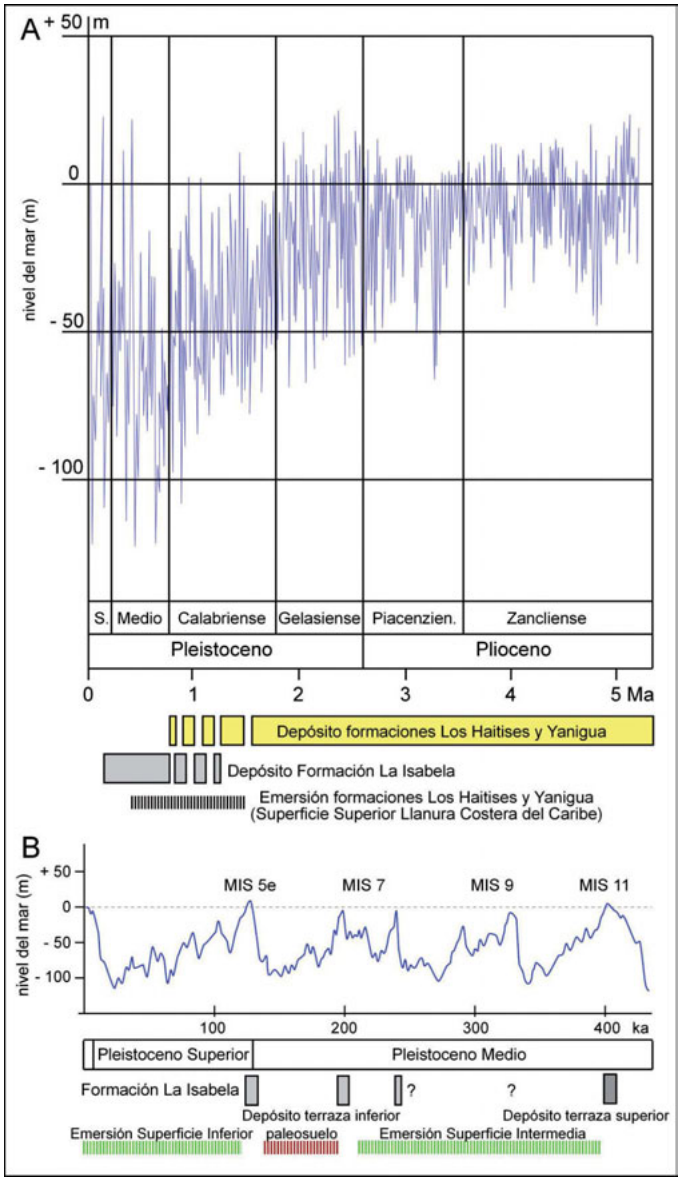


Figura 6. (A) La línea azul representa las variaciones del nivel del mar en los últimos 5x10^6 años (5 Ma), basadas en los valores de isótopos de oxígeno de foraminíferos bentónicos (Miller *et al*., 2005). El depósito de las formaciones Yanigua y Los Haitises se produjo en un intervalo con nivel de mar oscilante, tendencialmente en descenso. Esta tendencia al descenso del nivel eustático se mantuvo durante la emersión de dichas formaciones y de la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe. El inicio y el final del depósito de todas las formaciones, así como el inicio y el final de la emersión, no pueden ser determinados con precisión. (B) Esquema simplificado de las variaciones de nivel del mar en los últimos 400.000 años (400 ka) basado en los valores de isótopos de oxígeno de foraminíferos bentónicos del Mar Rojo (línea azul, Rohling *et al*., 2014). Obsérvese que los valores absolutos no coinciden con los reflejados en A procedentes de Miller *et al*. (2005). El depósito de las calizas arrecifales de la Formación La Isabela solo pudo producirse en los niveles de mar alto. Entre MIS 7 y MIS 5e se produjo una emersión de las calizas arrecifales en la terraza inferior, reflejada en un paleosuelo.

Figure 6. *(A) Sea-level estimate for the past 5 Ma based on oxygen isotopic values of benthic foraminifers (blue line, Miller et al., 2005). Deposition of the Yanigua and the Los Haitises formations took place in an interval of generally descending fluctuating sea level. Falling global sea level continued during the emersion of both formations and the Upper Surface of the Llanura Costera del Caribe. The beginning and end of deposition of the distinguished formations cannot be precisely constrained. (B) Simplified sea-level estimate based on oxygen isotopic values of benthic foraminifers from the Red Sea record (blue line, Rohling et al., 2014). Note the absolute values differ from those of Miller et al. (2005). Deposition of reef limestones of La Isabela Formation took only place during sea level highstands. Emersion of MIS 7 reef limestone before deposition of MIS 5e reefs is reflected by a paleosol draping an erosion surface.*

ción química dificultan su interpretación, que se basa en correlaciones con la Llanura Costera del Caribe.

El dato cronológico más preciso de la zona de estudio corresponde a una datación efectuada por Schubert y Cowart (1982) sobre una muestra de *Acropora palmata*, tomada entre Cabo Caucedo y San Pedro de Macorís a una cota de 6-7 m, correspondiente al nivel inferior de la Formación La Isabela (Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe). Dicha muestra arrojó una edad de 121 ± 9 ka, congruente con otras tomadas en el mismo nivel de la Formación La Isabela en diversos puntos de la llanura: i) 116 ± 12 y 129 ± 1.5 ka (Mann *et al*., 1995); ii) 133.8 ± 1.2 a 142.3 ± 1.2 ka, correspondiente a muestras ligeramente alteradas cuya edad real se ha interpretado como más joven (Díaz de Neira *et al*., 2015). Las edades obtenidas indican que la terraza inferior de la Formación La Isabela se formó en el MIS 5e (*Marine Isotopic Stage 5e*; Fig. 6b), pico del nivel global del mar ocurrido entre 117-128 ka (Lea *et al*., 2002) y que alcanzó de 3 a 6 m más que el nivel del mar actual en el Caribe, de acuerdo con los resultados de Blanchon *et al*. (2009) en la península de Yucatán. Dado que en el sector Cabo Caucedo-San Pedro de Macorís, la altura máxima de dicha terraza es de +10 m, asumiendo que el pico máximo del MIS 5e tuvo lugar hace 117-121 ka (en torno al límite Pleistoceno Medio-Superior), resulta una tasa de elevación de 0.033-0.034 mm/año; ya que la misma terraza alcanza +20 m en Santo Domingo, su tasa de elevación se incre-

menta hasta 0.066-0.068 mm/año para este sector (Díaz de Neira *et al.*, 2015). La tasa de elevación en el sector Cabo Caucedo-San Pedro de Macorís sugiere que las calizas arrecifales que afloran en la terraza inferior excavadas por una superficie de erosión y cubiertas por un paleosuelo (Geister, 1982) pueden haberse formado en el intervalo MIS 7, como sucede para materiales de altitud similar, y así mismo erosionados, en la terraza inferior en Curaçao, en un área con unas tasas de levantamiento similares (Muhs *et al.*, 2012).

Extrapolando la tasa de elevación anterior a la Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe, puede deducirse que se formó durante el MIS 11 (Fig. 6b), hace unos 400 ka (Pleistoceno Medio). Igualmente, al extrapolar dicha tasa a la Superficie Superior, se deduce una edad Calabriense, acorde con la asignación de la parte superior de la Formación Los Haitises al Pleistoceno Inferior por criterios bioestratigráficos (Braga *et al.*, 2012).

La sincronía en el depósito de la Formación Los Haitises en la región del mismo nombre y en la Llanura Costera del Caribe (Braga *et al.*, 2012) sugiere una tasa máxima de elevación de 0.21-0.22 mm/año en la región de Los Haitises, donde la Superficie de Los Haitises alcanza +350 m. En el caso de la Superficie de Miches, probablemente correlacionable con la de Los Haitises (Díaz de Neira *et al.*, 2007), la tasa máxima se incrementa hasta 0.30-0.32 mm/año debido a su elevación hasta +500 m, elevación articulada en este caso por la falla del Yabón.

Discusión

El incremento superficial reciente de La Española se ha producido principalmente por ascenso e incorporación de sedimentos marinos al territorio emergido, como en la Llanura Costera del Caribe y la región de Los Haitises, donde el ascenso de las plataformas que orlaban parcialmente a las cordilleras Oriental y Central durante el Plioceno-Pleistoceno, produjo la emersión de las formaciones Yanigua, Los Haitises y La Isabela. En la Cordillera Oriental, la emersión afectó a rocas cretácicas y paleógenas, mientras que en la Llanura Costera de Miches y Sabana de la Mar el incremento superficial ha tenido lugar por aportes de sedimentos siliciclásticos. Sin olvidar que la emersión de las terrazas de la Formación La Isabela ha estado influenciada por los variaciones del nivel del mar, la elevación del sector oriental de La Española durante el Cenozoico se ha producido como respuesta a su proximidad al límite septentrional de la placa del Caribe, cuya convergencia oblicua con la placa de Norteamérica se ha resuelto en una estructura positiva en flor (García-Senz *et al.*, 2007b).

Pese a su precariedad, las dataciones y estimaciones temporales existentes permiten esbozar una evolución paleogeográfica de la región durante el Plioceno-Cuaternario, basada en la sucesión de terrazas marinas de la Llanura Costera del Caribe y en su correlación con otras superficies.

Plioceno-Pleistoceno inferior

Las formaciones Yanigua y Los Haitises se depositaron durante el Plioceno-Pleistoceno inferior (Braga *et al.*, 2012) en las plataformas marinas que han dado lugar a las actuales Llanura Costera del Caribe y región de Los Haitises, áreas que, por tanto, se encontraban bajo el nivel del mar durante dicho periodo (Fig. 7). También se encontrarían sumergidas en ese momento tanto la plataforma de abrasión situada al oeste de El Seibo, correlacionable con la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe, como la Superficie de Miches, correlacionable con la Superficie de Los Haitises (Díaz de Neira *et al.*, 2007). A pesar de la incertidumbre relativa al desarrollo preciso seguido por la erosión y las fallas, cabe suponer que también las áreas dispuestas bajo la proyección de las superficies indicadas, aun estando constituidas por materiales cretácicos o paleógenos, se encontrarían bajo el nivel del mar.

Así, junto a la Cordillera Central, durante el Plioceno-Pleistoceno inferior el territorio emergido en la zona de estudio, aproximadamente 4250 km^2, correspondería al de una incipiente Cordillera Oriental en la que una estrecha e irregular franja de orientación aproximada E-O y altitud inferior a 200 m, uniría dos pequeños promontorios situados en sus extremos (Figs. 8a, 9a). Una serie de pequeñas islas e islotes emergerían al norte y al sur de dicha franja, que en el ámbito de Bayaguana podría haber albergado un estrecho que comunicaría el océano Atlántico y el mar Caribe (Braga *et al.*, 2012).

En base a la cota de la Superficie de Miches, cabría pensar que la práctica totalidad del promontorio oriental de la cordillera se encontraría bajo el nivel del mar (Díaz de Neira *et al.*, 2007). Sin embargo, la ausencia de fallas en la mayor parte del límite entre la Cordillera Oriental y la Llanura Costera del Caribe, indica que en buena parte de los casos aquélla constituía el margen emergido de la cuenca plio-pleistocena. Además, los afloramientos de los Conglomerados de Ramón Santana (Monthel y Lasseur, 2011), considerados equivalentes laterales de la Formación Yanigua en el borde meridional de

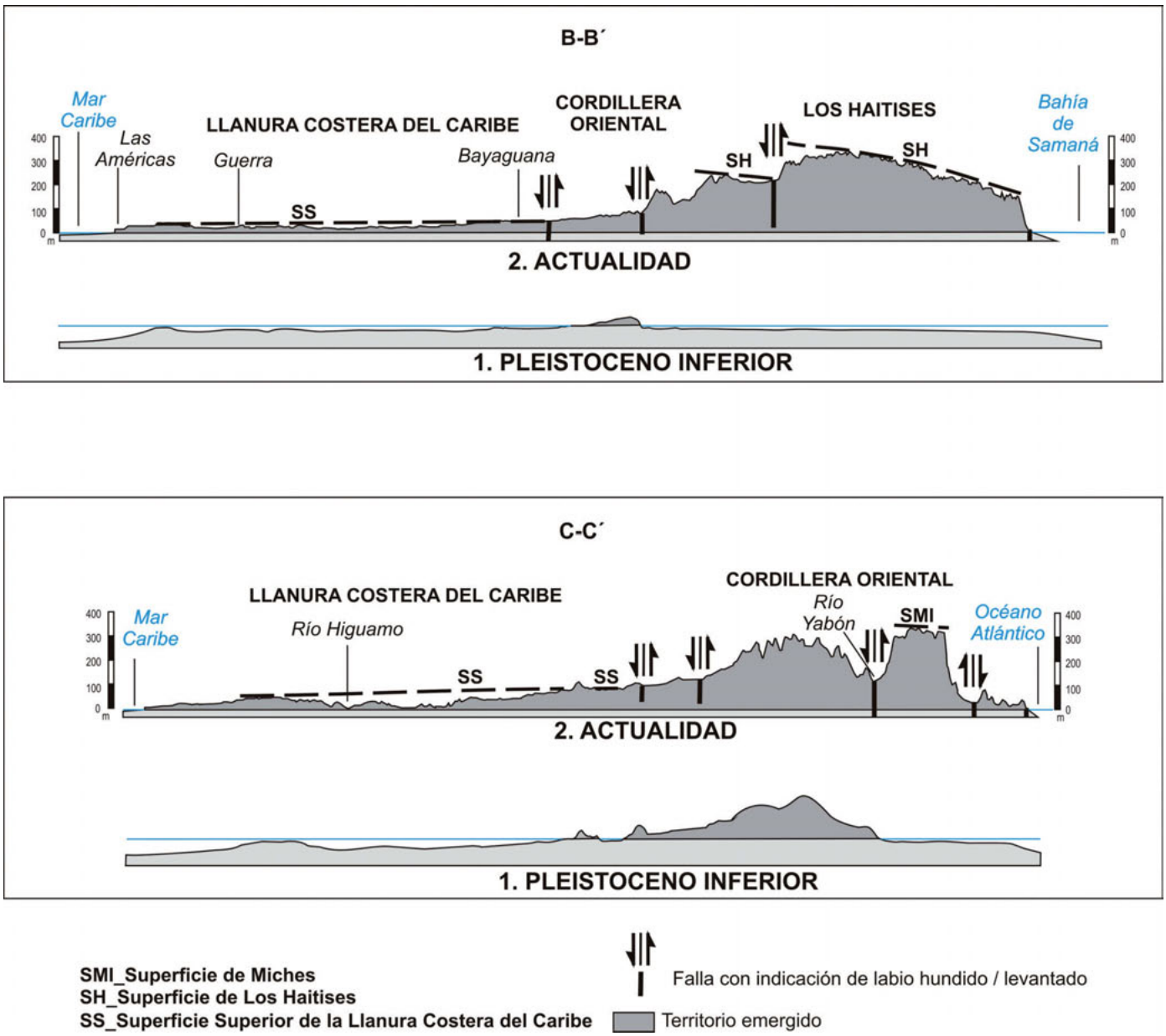


Figura. 7. Evolución topográfica de la Llanura Costera del Caribe, la Cordillera Oriental y la región de Los Haitises desde el Pleistoceno inferior (Situación de los perfiles en la Fig. 3).
Figure 7. *Topographic evolution of the Llanura Costera del Caribe, the Cordillera Oriental, and the Los Haitises region since the Early Pleistocene (Location of profiles in Fig. 3).*

dicho promontorio, indican la existencia de relieves emergidos de cierta entidad como su área fuente.

Por lo que respecta al promontorio occidental, equiparable con la actual sierra de Yamasá, enlazaría con la Cordillera Central, que ya incluiría las mayores elevaciones de la zona, si bien la ausencia de niveles indicativos de su evolución reciente impide cualquier tipo de precisión sobre las variaciones de su relieve.

Calabriense-Pleistoceno Medio

Durante este periodo se produjo un incremento de unos 8200 km^2 del territorio emergido, prácticamente el doble del existente previamente y más de la mitad del actual (Fig. 9). Las principales áreas incorporadas fueron las plataformas marinas plio-pleistocenas, provocando importantes retrocesos de la línea de

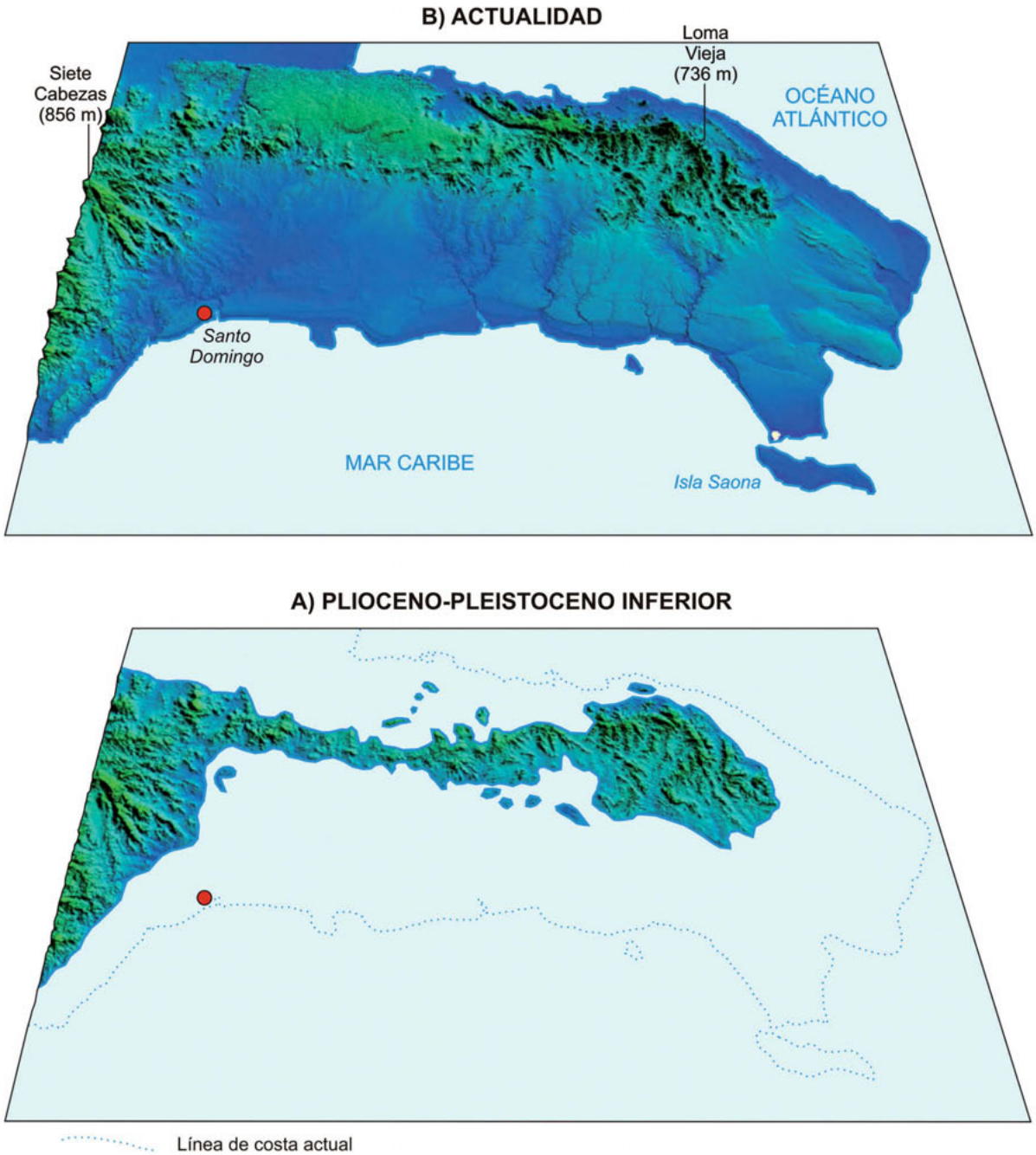


Figura 8. Evolución del relieve en el sector oriental de La Española durante el Plioceno-Cuaternario.
Figure 8. *Topographic evolution of eastern Hispaniola during the Pliocene-Quaternary.*

costa. La emersión se produjo con anterioridad al depósito del nivel superior de la Formación La Isabela (en torno a hace 400 ka) y, por tanto, en un intervalo impreciso dentro del Calabriense-Pleistoceno Medio.

La emersión de la plataforma meridional dio lugar a la Llanura Costera del Caribe, cuya morfología refleja fielmente la de dicha plataforma, de forma que la barrera arrecifal del último episodio deposicional de la Formación Los Haitises pasó a constituir una estrecha cresta que alberga las máximas elevaciones de la llanura (Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe). Hacia el interior, el levantamiento del antiguo *lagoon*, en el que se acumularon los sedimentos margosos de la Formación Yanigua, dio lugar a zonas sua-

vemente deprimidas entre las cordilleras y la cresta. Se crearon dos depresiones principales, a cotas inferiores a la del nivel del mar: la más extensa ocupaba una buena parte del sector centro-occidental de la planicie, pudiendo albergar uno o varios lagos, o bien un mar interior en caso de persistir alguna conexión con el mar Caribe, en tanto que la menor se localizaba al sur de Higüey.

Simultáneamente a la emersión de la Llanura Costera del Caribe, se produjo el ascenso de la Cordillera Oriental, afectada por un plegamiento combinado con la acción de fallas. El levantamiento cerraría la posible conexión previa atlántico-caribeña del ámbito de Bayaguana y dio lugar a la emersión de algunas áreas como la Superficie de Miches. Aunque el ascenso fue más acusado en el bloque nororiental de la falla del Yabón, en el bloque suroccidental se produjo el ascenso solidario de la plataforma de Los Haitises, donde la elevación se incrementó desde el litoral atlántico hacia el sur. Al norte de la Cordillera Oriental y de la región de Los Haitises, un entrante del océano Atlántico se extendería hacia el oeste por el actual valle del Cibao, separando aquellas regiones del ámbito de Samaná, que en este periodo constituiría una isla o un grupo de pequeñas islas.

Pleistoceno Medio

La siguiente incorporación al territorio emergido fue la de la terraza superior de la Formación La Isabela (Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe), dentro del intervalo temporal comprendido entre su depósito (400 ka) y el de los materiales más antiguos del nivel inferior, probablemente formados en el MIS 7, por tanto, en el Pleistoceno Medio. Su aportación consistió en una estrecha franja en los bordes meridional y oriental de la Llanura Costera del Caribe (Fig. 9c).

El sector septentrional de la región mantendría su tendencia ascendente, sufriendo una meteorización intensa que produjo diferentes modelados en función del sustrato: la Superficie de Los Haitises, calcárea, fue espectacularmente degradada por el desarrollo

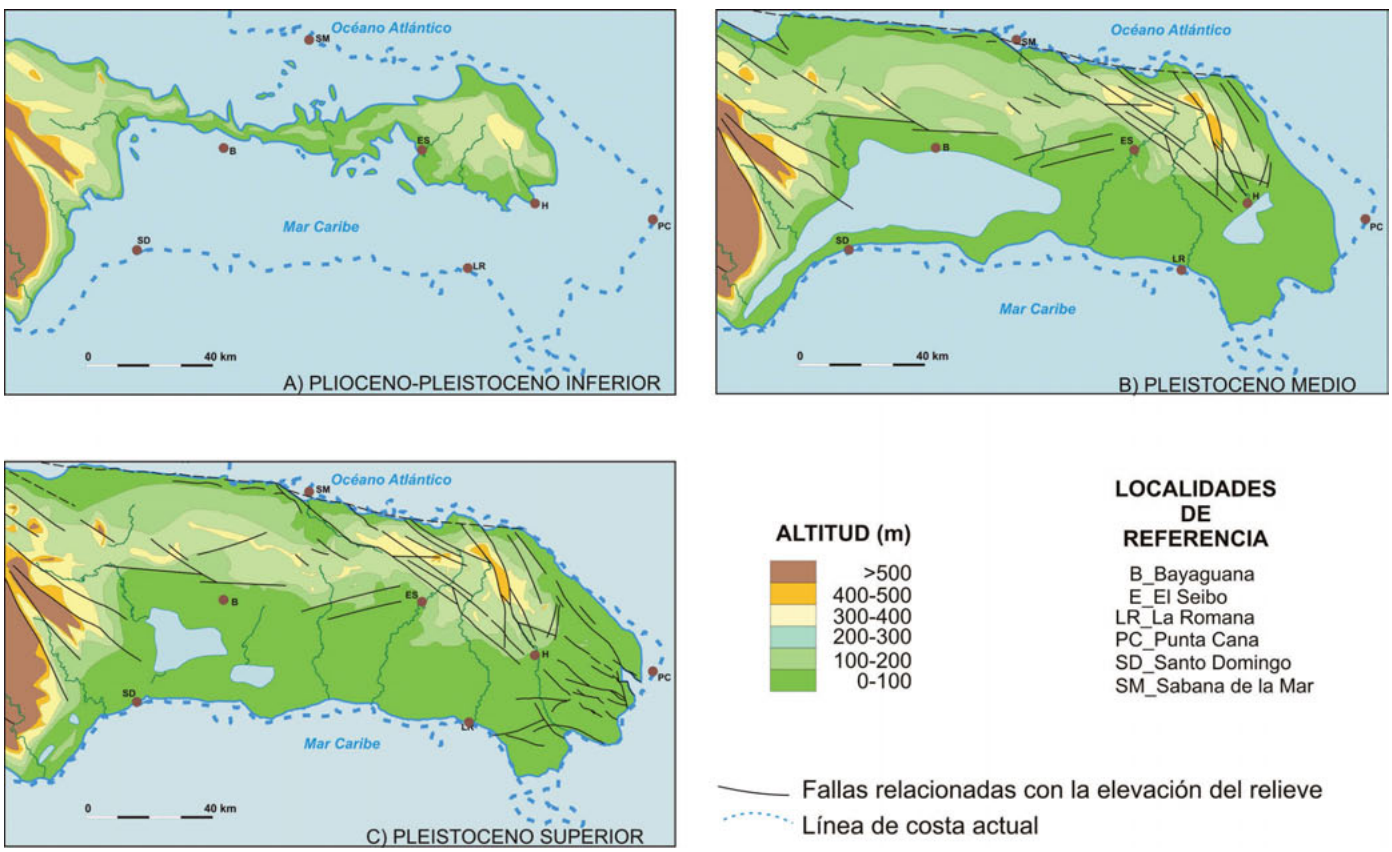


Figura 9. Evolución paleogeográfica del sector oriental de La Española durante el Plioceno-Cuaternario.
Figure 9. *Palaeogeographic evolution of eastern Hispaniola during the Pliocene-Quaternary.*

de un karst tropical; en la Cordillera Oriental, la arenización de los cuerpos intrusivos facilitó la erosión fluvial, iniciándose el vaciado de depresiones como la de El Valle; y en los afloramientos de rocas cretácicas, la argilización favoreció una enérgica incisión fluvial, que además de profundos encajamientos, provocados por la fracturación, desencadenaría una importante erosión remontante, con capturas, más frecuentes desde la vertiente caribeña.

El desmantelamiento fluvial de las argilizaciones produjo un desarrollo generalizado de abanicos aluviales en torno a las cordilleras, mucho más extensos en su borde meridional, de forma que en la Llanura Costera del Caribe se reducirían sustancialmente las depresiones existentes, probablemente convertidas en multitud de lagunas y lagunillas.

También durante este periodo se generarían las fallas de orientación ESE-ONO del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe, que condicionaron el depósito del nivel inferior de la Formación La Isabela. La acumulación de sedimentos detríticos sobre la terraza más antigua de la Formación La Isabela en dicho sector, sugiere el aporte desde nuevas áreas fuente, aunque esta hipótesis no está aún confirmada. Durante el depósito de la terraza inferior de la Formación La Isabela, los ríos Chavón y Yuma ya habrían conseguido alcanzar el mar Caribe, como indican los depósitos siliciclásticos intercalados con calizas arrecifales de dicha terraza, existentes junto a sus desembocaduras (Díaz de Neira *et al.*, 2015). En el caso del río Yuma, sus aportes detríticos probablemente causaron el cambio radical en la naturaleza de la sedimentación del sector oriental de la Llanura Costera del Caribe, que pasó de ser carbonatada a detrítica.

Pleistoceno Superior

La incorporación de la terraza inferior de la Formación La Isabela al territorio emergido, durante el Pleistoceno Superior, prácticamente completó la actual Franja Litoral de la Llanura Costera del Caribe, cuya naturaleza calcárea ha favorecido una intensa actividad kárstica, aunque muy inferior a la de la región de Los Haitises. Posteriormente, los principales ríos de la llanura que aún no lo habían conseguido, se abrieron paso al mar Caribe a través de la Franja Litoral (excepto el Brujuelas), favorecidos por la importante karstificación y la erosión de los pequeños cursos fluviales que incidían la vertiente septentrional de la franja; en el caso del río Ozama, con ello se perdió el carácter endorreico de la mayor depresión del Cinturón Interior.

Entre los procesos más relevantes acontecidos desde el Pleistoceno Superior, cabe destacar la emersión del extremo oriental del valle del Cibao, permitiendo la unión de Samaná con el resto de La Española. También se formaron pequeñas llanuras costeras al norte de la Cordillera Oriental, mediante aportes fluviales y aluviales, destacando por su extensión el delta originado por el río Yabón al abrirse paso hacia la bahía de Samaná.

El incremento superficial de la zona de estudio durante las dos últimas etapas ha sido de unos 1725 km^2, en su mayor parte correspondientes a la Llanura Costera del Caribe, extensión muy inferior a la incorporada durante la etapa del Calabriense-Pleistoceno Medio.

Conclusiones

El sector oriental de La Española poseía a finales del Plioceno una extensión de unos 4250 km^2, que ha aumentado desde entonces hasta sus 14175 km^2 actuales, un incremento superficial superior al 230% (Fig. 8). El proceso principal de aumento de la superficie ha sido la emersión y anexión, como terrazas marinas, de las sucesivas plataformas que bordeaban el territorio emergido (Fig. 10). Estas terrazas testimonian la acción combinada de las oscilaciones del nivel del mar y la continua elevación regional durante el Cuaternario.

Durante el Calabriense-Pleistoceno Medio (hasta hace 400 ka) se produjo el episodio de mayor aumento de la superficie emergida, al incorporar 8.200 km^2, cerca del 190%. El territorio agregado correspondió principalmente a las plataformas carbonatadas localizadas al norte y sur de la Cordillera Oriental, que dieron lugar, respectivamente, a la Llanura Costera del Caribe y a la región de Los Haitises; la Cordillera Oriental también aumentó su extensión al incorporar la Superficie de Miches.

A finales del Pleistoceno Medio se añadió al territorio emergido la terraza superior de la Formación La Isabela (Superficie Intermedia de la Llanura Costera del Caribe), tras lo cual, en el sector oriental de la región se desarrolló una red de fallas de orientación NO-SE a ONO-ESE. En el Pleistoceno Superior se incorporó la terraza inferior de la Formación La Isabela (Superficie Inferior de la Llanura Costera del Caribe) y dio comienzo la dinámica fluvial y aluvial que creó la Llanura Costera de Miches y Sabana de la Mar. Estos acontecimientos incrementaron la superficie de la zona de estudio en torno al 14%, aproximadamente 1725 km^2.

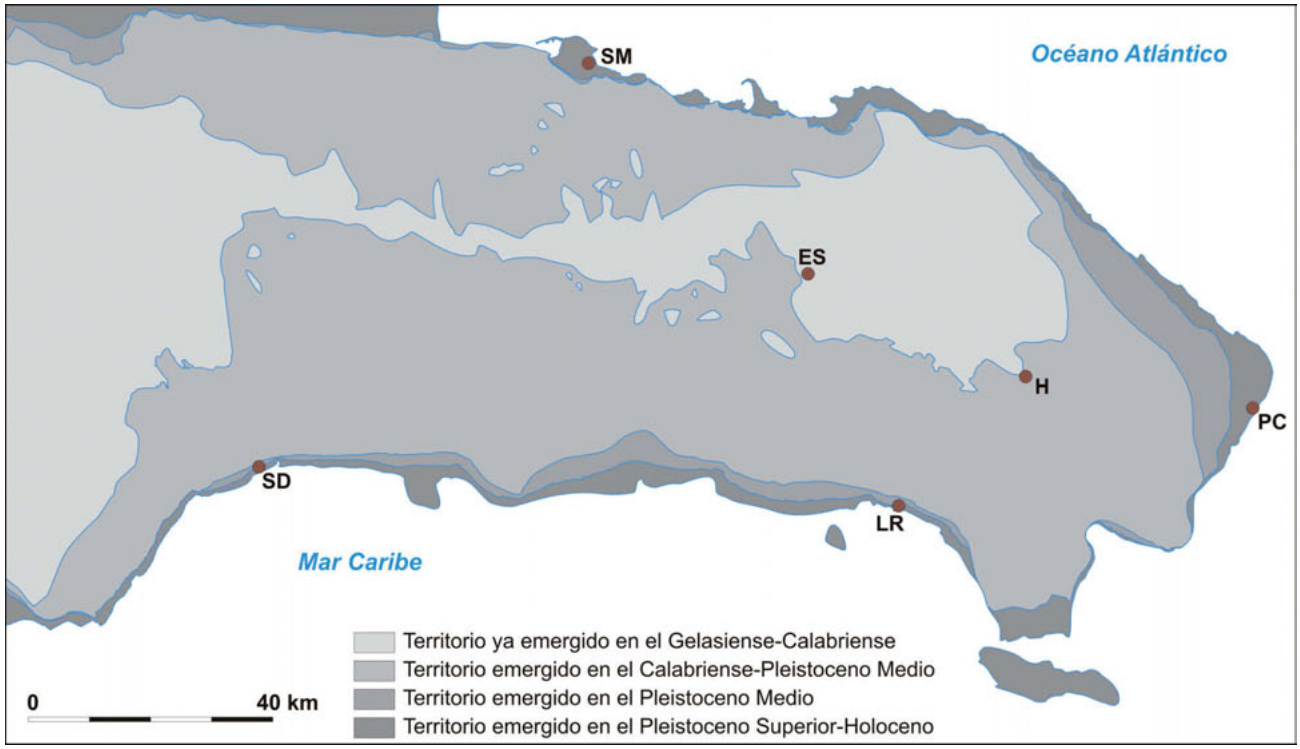


Figura 10. Incrementos superficiales sucesivos en el sector oriental de La Española durante el Plioceno-Cuaternario.
Figure 10. *Successive surface increases of eastern Hispaniola during the Pliocene-Quaternary.*

Agradecimientos

Este trabajo pretende ser un modesto reconocimiento a Andrés Pérez-Estaún, que entre sus notables logros profesionales incluye el de haber sido la verdadera *alma máter* de los trabajos geológicos de los Proyectos de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, financiados por la Unión Europea a través del Programa SYSMIN. Su constante asesoramiento y buen hacer, sólo equiparables al entusiasmo que supo transmitir a los equipos de trabajo, enriquecieron de forma notable los resultados obtenidos, entre los que se encuentra el presente artículo.

Los autores queremos expresar nuestra gratitud con Ángel Martín-Serrano, cuyos comentarios e ideas han permitido profundizar en diversos aspectos geomorfológicos y evolutivos. También agradecemos a Christine Laurin la corrección del texto en inglés.

Referencias

Barret, W. 1962. Emerged and submerged shorelines of the Dominican Republic. *Revista geográfica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia*, 30, 51-77.

Blanchon, P., Eisenhauer, A., Fietzke, J. y Liebetrau, V. 2009. Rapid sea-level rise and reef back-stepping at the close of the last interglacial highstand. *Nature*, 458, 881-884.

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

Bowin, C. 1960. *Geology of central Dominican Republic.* Tesis Doctoral. Universidad de Princeton, Nueva Jersey, 211 pp.

Bowin, C. 1966. Geology of the Central Dominican Republic. A case history of part of an island arc. In: H. Hess (ed.). *Caribbean geological investigations. Geological Society of America*, 98, 11-84.

Braga, J.C., Díaz de Neira, A., Lasseur, E., Mediato, J., Aguirre, J., Abad, M., Hernaiz-Huerta, P.P., Monthel, J., Pérez-Valera, F. y Lopera, E. 2012. Pliocene-lower Pleistocene carbonates and associated deposits (Fms. Yanigua and Los Haitises) in eastern Hispaniola (Dominican Republic). *Sedimentary Geology*, 265-266, 182-194.

Brouwer, S.B. y Brouwer, P.A. 1982. Geología de la región ambarífera oriental de la Republica Dominicana. *9ª Conferencia Geológica del Caribe (Santo Domingo, 1980),* 1, 303-322.

Burke, K., Fox, P.J. y Sengor, M.C. 1978. Buoyant ocean floor and the origin of the Caribbean. *Journal of Geophysical Research*, 83, 3949-3954.

De la Fuente, S. 1976. *Geografía Dominicana.* Colegial

Quisqueyana S.A., Instituto Americano del Libro y Santiago de la Fuente sj, Santo Domingo, 272 pp.

Díaz de Neira, J.A., Martín-Serrano, A. y Escuer, J. 2007. Evolución geomorfológica de la Cordillera Oriental Dominicana. *Boletín Geológico y Minero*, 118-2, 385-399.

Díaz de Neira, J.A. 2011. *Mapa Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico de la Hoja a escala 1:100.000 de Santo Domingo (6271) y Memoria correspondiente*. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto 1B. Dirección General de Minería, Santo Domingo.

Díaz de Neira, J.A., Braga, J.C., Mediato, J., Lasseur, E., Monthel, J., Hernaiz, P.P., Pérez Cerdán, F., Lopera, E. y Thomas, A. 2015. Plio-Pleistocene palaeogeography of the Llanura Costera del Caribe in eastern Hispaniola (Dominican Republic): Interplay of geomorphic evolution and sedimentation. *Sedimentary Geology*, 325, 90-105.

Díaz del Olmo, F. y Cámara, R. 2003. Karst tropical de colinas, tipología y evolución en el plio-cuaternario en República Dominicana. *XI Reunión nacional de Cuaternario*. Oviedo, 123-128.

García-Senz, J., Monthel, J., Díaz de Neira, J.A., Hernaiz Huerta, P.P., Calvo, J.P. y Escuder Viruete, J. 2007a. Estratigrafía del Cretácico Superior de la Cordillera Oriental de la República Dominicana. *Boletín Geológico y Minero*, 118-2, 269-291.

García-Senz, J., Monthel, J., Díaz de Neira, J.A., Hernaiz Huerta, P.P., Escuder Viruete, J. y Pérez-Estaún, A. 2007b. La estructura de la Cordillera Oriental de la República Dominicana. *Boletín Geológico y Minero*, 118-2, 293-311.

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-Vinent, M.A. 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. y 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., Draper, G. y Lewis, J.F., eds. 1991. *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola*. Geological Society of America Special Paper, 262, 401 pp.

Marcano, E. y Tavares, I. 1982. Formación La Isabela, Pleistoceno temprano. *Publicaciones especiales Museo Nacional de Historia Natural*, 3, Santo Domingo, 30 pp.

Martínez Batlle, J.R., Gómez-Ponce, C., Cámara Artigas, R. y Díaz del Olmo, F. 2003. Arrecifes costeros sumergidos en paso de Catuano (Parque Nacional del Este, República Dominicana): caracterización biosedimentaria y aplicación a la ordenación de unidades ambientales. *XI Reunión nacional de Cuaternario*. Oviedo, 27-32.

Miller, K.G., Kominz, M.A., Browning, J.V., Wright, J.D., Mountain, G.S., Katz, M.E., Sugarman, P.J., Cramer, B.S., Christie-Blick, N. y Pekar, S.F. 2005. The Phanerozoic record of global sea-level change. *Science* 310, 293-298.

Monthel, J. y Lasseur, E. 2011. *Mapa Geológico de la Hoja a escala 1:50.000 de Guaymate (6471-IV) y Memoria correspondiente*. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto 1B. Dirección General de Minería, Santo Domingo.

Muhs, D.R., Pandolfi, J.M., Simmons, K.R. y Schumann, R.R. 2012. Sea-level history of past interglacial periods from uranium-series dating of corals, Curaçao, Leeward Antilles islands. *Quaternay Research*, 78, 157-169.

Pérez-Estaún, A., Hernaiz, P.P., Lopera, E. y Joubert, M. (eds.). 2007. *Geología de la República Dominicana*. Boletín Geológico y Minero, 118-2, 155-413.

Rohling, E.J., Foster, G.L., Grant, K.M., Marino, G., Roberts, A.P., Tamisiea, M.E. y Williams, F. 2014. Sea-level and deep-sea-temperature variability over the past 5.3 million years. *Nature*, 508, 477-482.

Schubert, C. y 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.

Recibido: marzo 2015
Revisado: julio 2015
Aceptado: agosto 2015
Publicado: septiembre 2017