



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

REPÚBLICA DOMINICANA

**MAPA GEOLÓGICO
DE LA REPÚBLICA DOMINICANA
ESCALA 1:50.000**

SÁNCHEZ

(6273-I)

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 de el Servicio Geológico Nacional.

Han participado los siguientes técnicos y especialistas:

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

- Dr. Pedro Pablo Hernaiz Huerta (INYPSA)

COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Dr. Pedro Pablo Hernaiz Huerta (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)

PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS

- Dr. Javier Escuder Viruete (IGME)

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

- Dr. Pedro Pablo Hernaiz (INYPSA)

GEOMORFOLOGÍA

- Ing. Joan Escuer Solé (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)

DATAACIONES ABSOLUTAS

- Dr. Janet Gabites (Earth & Ocean Sciences, Universidad de British Columbia)
- Dr. Richard Friedman (Earth & Ocean Sciences, Universidad de British Columbia)

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: Cordillera Septentrional, sector Occidental
- 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

Pertenece al cuadrante de Sánchez, la Hoja a escala 1:50.000 con este mismo nombre (6273-I) se localiza en el sector NE de la República Dominicana, ocupando principalmente el sector oriental de la península de Samaná y una parte de la planicie del Gran Estero, dominio fisiográfico menor con el que se denominan las tierras llanas de la desembocadura del río Yuna.

En la península de Samaná se distinguen dos conjuntos litológicos principales: (1) un basamento formado por un complejo metamórfico (de Samaná) relacionado con subducción cuya estructura interna consiste en un apilamiento imbricado de láminas con buzamiento hacia el SE y S, constituidas esencialmente por rocas metasedimentarias mesozoicas de alta-P; y (2) una cobertera sedimentaria formada por materiales carbonatados y siliciclásticos de edad miocena, miocena-pleistocena y holocena. Prácticamente todas las rocas representadas en la península (con la excepción de las más recientes) están deformadas (con mayor o menor intensidad) por un sistema de fallas de desgarre e inversas, relacionadas con el movimiento transcurrente senestro neógeno de la gran zona de falla Septentrional.

En el Complejo metamórfico de Samaná han sido distinguidas cartográficamente de norte a sur, ascendiendo en la secuencia estructural y separada por zonas de falla de gran escala, las siguientes unidades tectonometamórficas:

- Unidad de Filitas de Playa Colorado, compuesta por filitas, metareniscas, esquistos cloríticos, metacarbonatos y chert.
- Unidad de Mármoles de El Rincón, constituida por varios tipos de mármoles.
- Unidad de Esquistos de Santa Bárbara, esencialmente formada por micaesquistos, calcoesquistos y cuarzoesquistos, con intercalaciones de mármoles.
- Unidad de Punta Balandra, litológicamente heterogénea y constituida por una alternancia de mármoles, calcoesquistos y micaesquistos con granate, con intercalaciones y bloques de eclogitas, esquistos azules con granate, onfacititas y glaucofanitas.
- Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos, compuesta por mármoles calcíticos y dolomíticos, masivos y bandeados, calcoesquistos y filitas.

De ellas, en la Hoja de Sánchez sólo están representadas la Unidad de Esquistos de Samaná y la Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos. La evolución metamórfica seguida por cada unidad estructural y las condiciones de presión y temperatura máximas alcanzadas, permiten establecer un metamorfismo de la facies de los esquistos verdes inferior transicional a la superior para las Filitas de Playa Colorado y Mármoles de Majagual-Los Cacaos, de los esquistos verdes superior y esquistos azules para los Mármoles de El Rincón, de los esquistos azules en los Esquistos de Santa Bárbara, de los esquistos azules superior en los niveles estructurales más altos de esta última unidad, y de la facies eclogítica en la Unidad de Punta Balandra. Por lo tanto, en el apilamiento de unidades estructurales de alta-P las condiciones metamórficas P-T máximas aumentan estructuralmente hacia arriba, estableciendo un gradiente metamórfico invertido. Sin embargo, existe una pronunciada ruptura metamórfica (de hasta 10 kbar) hacia menores presiones y temperaturas a la base de la Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos, acentuada en la Hoja de Sánchez por la superposición de la zona de falla de Samaná en el contacto con esta última unidad.

Las unidades de la cobertera sedimentaria representadas en la Hoja de Sánchez se pueden agrupar en varios conjuntos:

- ✓ La unidad más antigua (Mioceno Medio), son los conglomerados de La Piragua que contiene bloques exóticos de rocas metamórficas muy probablemente heredadas del complejo Río San Juan.
- ✓ La mayor parte de la sierra de Samaná está recubierta por la formación de (las calizas de) Los Haitises, de edad Mioceno Superior-Pleistoceno; está constituida por calizas y calizas margosas bioclásticas, en ocasiones muy ricas en corales, interpretadas en conjunto como depositadas en diferentes ambientes de rampa carbonata, con desarrollo de parches de corales en sus zonas de rampa interna protegida y media.
- ✓ Con una edad en conjunto equivalente a la de la Fm Los Haitises pero asociadas a la estrecha banda litoral que se localiza al pie de la vertiente sur de la sierra de Samaná, afloran, por orden estratigráfico ascendente e indudables relaciones laterales entre ellas, las unidades de brechas de Majagual, conglomerados de Samaná, la Fm Las Canoas y la Fm Sánchez. Las dos primeras son unidades relacionadas, netamente continentales, la primera más proximal y la segunda más distal, depositadas al pie de la sierra como consecuencia del levantamiento de ésta. La Fm Las Canoas tiene facies en parte similares a algunas identificadas en la Fm Los Haitises; en la base intercala niveles de los conglomerados de Samaná y hacia techo evoluciona a las facies deltaicas o continentales de la Fm Sánchez; formada por lutitas y arenas muy ricas en materia orgánica, con tramos de acumulación de lignito que han sido objeto de investigación para su posible explotación.
- ✓ En el extremo occidental de la Hoja hay dos reducidos afloramientos de una unidad de indudable origen continental (facies distales de abanicos aluviales), bien reconocida en los sectores más próximos de la Cordillera Septentrional como arcillas del Río Boba. Se supone que esta unidad puede ser coetánea con las terrazas más antiguas (pleistocenas) de corales que pueden integrarse dentro de la Fm. Isabela y se interpretan como facies bioconstruidas de arrecifal
- ✓ Por último las formaciones más recientes del Holoceno se pueden separar en los depósitos marinos y litorales que orlan la península de Samaná y las bahías Escocesa y de Samaná; y los depósitos continentales que fundamentalmente se pueden agrupar en dos conjuntos: los abanicos aluviales dispuestos al pie de ambas vertientes de la sierra de Samaná; y los depósitos endorreicos, de áreas pantanosas o de llanura de la inundación del río Yuna, que rellenan la planicie del Gran Estero.

ABSTRACT

Belonging to the cuadrante of Sanchez, the 1:50.000 sheet with the same name (6273-I) is located in the NE area of the Dominican Republic occupying the eastern part of the Samaná Península and a portion of the Gran Estero Plain, a minor physiographic domain corresponding to the low lands surrounding the Rio Yuna mouth.

In the Samaná Peninsula, two main lithological groups may be distinguished: (1) a subduction-related (Samana) metamorphic complex defined by a S to SE dipping imbricate stack of high-P metasedimentary Mesozoic rocks; and 2) a sedimentary cover formed by carbonate and siliciclastic materials of Miocene, Miocene-Pleistocene and Holocene age. With the only exception of the recentmost Holocene deposits, all of the rocks outcropping in the Peninsula have been (variably) deformed by a complex system of neogene to recent left lateral strike-slip and reverse faults belonging to the Septentrional fault zone

In the Samana Metamorphic complex the following tectonometamorphic units have been distinguished, separated by major thrusts (mentioned in an upwards structural order):

- *Playa Colorado Phyllites* (lowermost nappe). Accretionary prism. Subducted sediments of the distal continental margin. Lower greenschist transitional to upper greenschist facies. Phyllites, chlorite-schists, calcschists and chert. Similar lithologic association occurs at top El Rincón Marbles.
- *El Rincón Marbles*. Accretionary prism. Subducted carbonate platform of the proximal continental margin. Blueschist and upper greenschist facies conditions of metamorphism. Composed of >3000 m thick sequence of texturally heterogeneous calcitic marbles. Three mapped lithological subunits: clear banded marbles, calcschists and phyllites (upper), fine-grained dark marbles (middle) and massive white marbles (lower).
- *Santa Bárbara Schists*. Accretionary prism. Subducted sediments of the distal continental margin. Blueschist and upper blueschist facies (uppermost structural levels). Micaschists and calcschists, with marbles and quartz-schists intercalations. Abundant marble intercalations at the bottom.
- *Punta Balandra*. Accretionary prism. Subducted sediments of the continental margin. Upper blueschist and eclogite facies. Marbles, calcschists and micaschists, with minor mafic lenses of eclogites and Grt-blueschists. Coherent internal ductile structure. Mafic protholiths of MORB and BABB affinity.
Punta Balandra mélange (uppermost structural levels). Accretionary prism. Ophiolitic material. Chaotic ductile to brittle disruption, with local mélange-like internal structure. Eclogite facies followed by retrograde blueschist facies. Metabasic blocks wrapped in serpentinitic schists or in a metapelitic mechanically weak matrix mélange (<35 m thick). Serpentinized peridotite lenses. Mafic protholiths of IAT, MORB and BABB affinity. Subducted both oceanic crust (and mantle) and arc mafic material.
- *Majagual-Los Cacaos Marbles (uppermost nappe)*. Accretionary prism. Subducted sediments of the continental margin. Upper to lower greenschist facies conditions. Composed by calcitic and dolomitic marbles, subordinate calcschists and phyllites. Locally, *Globo truncana* fossils yield a Campanian-Maastrichtian age.

Amongst them, only the Santa Bárbara Schists and the Majagual-Los Cacaos Marbles units are represented in the Sanchez sheet. Within the Samaná complex, the spatial distribution of the maximum P-T metamorphic conditions increases structurally upwards. A pronounced metamorphic break (up to 10 kbar) occurs towards lower pressures and temperatures above the Punta Balandra nappe. The general evolution in P-T conditions of the complex is characterized by three metamorphic events (M1 to M3). Maximum high-P assemblages in

the Samaná complex developed during the first deformational event (D1) and are therefore referred to as M1. During the D2 deformation, the M1 high-P assemblages in the Samaná complex were replaced by M2 blueschist and transitional upper greenschist-facies assemblages. Maximum temperature in the uppermost structural levels of the Santa Bárbara Schists nappe occurred during the D2 deformation and therefore the upper blueschists-facies event is regarded here as M2. A subsequent greenschist-facies metamorphic event (M3) was mainly recorded by the retrograde formation of actinolite, chlorite, epidote and white mica in metabasites of the Punta Balandra nappe. Escuder-Viruete and Pérez Estaún (2006) estimated about 5-8 kbar and 300-400°C for M3, which occurred during further decompression and cooling.

The units that compound the sedimentary cover in the Sanchez sheet can be joined in the following groups:

- ✓ The oldest unit (Mid Miocene) is the Piragua conglomerate, which contain exotic blocks of metamorphic rocks most probably eroded from the Rio San Juan Complex.
- ✓ Most of the Samana range is covered by Los Haitises Fm of Upper Miocene to Pleistocene age. It is formed by bioclastic limestones and marly limestones deposited in an open carbonate ramp environment with occasionally interbedded reefal constructions deposited at shallower (inner platform) conditions
- ✓ With an overall age equivalent to Los Haitises, several interrelated units outcrop along the southern, coastal edge of the Samana range: The Majagual breccias, the Samaná conglomerates, Las Canoas Fm, and Sánchez Fm. The former (breccias and conglomerates) are continental related (proximal and distal, respectively) deposits produced as a consequence of the uplifting and erosion of the Samana range. Las Canoas Fm has marine facieses quite similar to the shallower ones found in Los Haitises; at the bottom, this formation intercalates packages of Samana conglomerates and towards the top it evolves to the deltaic or continental deposits of the Sanchez Fm consisting on lutites, siltstones and sands that include abundant intervals rich on lignites.
- ✓ In the western edge of the sheet there are two small outcrops of a unit of continental origin (distal alluvial fans), well known in neighbouring areas of the Septentrional Cordillera: the Río Boba clays. This unit is interpreted to be coeval to the oldest reefal terraces (identified as the Isabella Fm)

To conclude, the Holocene formations may be separated in the marine and coastal deposits that surround the Samaná Península and the Escocesa and Samaná Bays, and the continental deposits that in turn compound two groups: the alluvial fans covering the foothills of the Samaná range; and the endoreic, swampy and (río Yuna) alluvial plain deposits that infill the Gran Estero basin.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Metodología	1
1.2. Situación geográfica	4
1.3. Marco Geológico	7
<u>1.3.1. La Geología de La Española. Contexto general y estudios previos</u>	<u>7</u>
<u>1.3.2. Macro unidades geológicas</u>	<u>13</u>
<u>1.3.3. Historia Geológica de La Española</u>	<u>18</u>
<u>1.3.4. Macroestructura de La Española</u>	<u>19</u>
<u>1.3.5. Unidades del prisma de acreción/colisión</u>	<u>20</u>
1.4. Antecedentes	22
<u>1.4.1. El complejo de Samaná</u>	<u>22</u>
<u>1.4.2. Edades de los protolitos y del metamorfismo</u>	<u>25</u>
2. ESTRATIGRAFIA	29
2.1. Complejo Metamórfico de Samaná	29
<u>2.1.1. Peridotitas serpentinizadas y serpentinitas</u>	<u>32</u>
<u>2.1.2. Unidad de Esquistos de Santa Bárbara</u>	<u>33</u>
2.1.2.1. Esquistos de Santa Bárbara. Micaesquistos, calcoesquistos y cuarzoesquistos, con intercalaciones de mármoles (2).....	34
2.1.2.2. Esquistos de Santa Bárbara. Mármoles calcíticos foliados, generalmente de tonos claros (3).....	35
<u>2.1.3. Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos</u>	<u>36</u>
2.1.3.1. Mármoles de Majagual-Los Cacaos. Mármoles calcíticos y dolomíticos (localmente foliados), calizas marmóreas, calcoesquistos y filitas (5).....	37

2.1.3.2. Mármoles de Majagual-Los Cacaos. Esquistos pelíticos y filitas, micaesquistos y cuarzoquistos (6)	38
2.2. Cobertera Terciaria y Cuaternaria	40
<u>2.2.1. Mioceno Medio</u>	<u>41</u>
2.2.1.1. Conglomerados de la Piragua. Conglomerados de cantos y bolos de rocas ígneas y metamórficas (7). Mioceno Medio (N_1^2)	42
<u>2.2.2. Mioceno Superior-Pleistoceno. Las calizas de plataforma y facies asociada de la Fm Los Haitises.</u>	<u>43</u>
2.2.2.1. Fm. Los Haitises. Calizas arrecifales, calizas bioclásticas y niveles de margas y margocalizas fosilíferas de tonos amarillentos (31). Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior (N_1^3 - Q_1)	43
<u>2.2.3. Mioceno Superior-Pleistoceno. Las unidades sedimentarias del borde meridional de la sierra de Samaná</u>	<u>49</u>
2.2.3.1. Brechas de Majagual. Brechas monomíticas de bloques y cantos de rocas metamórficas, casi exclusivamente mármoles (9). Mioceno Superior-Plioceno (N_1^3 - N_2)	49
2.2.3.2. Conglomerados de Samaná. Conglomerados de cantos y bolos de rocas ígneas y metamórficas (10) Mioceno Superior-Plioceno (N_1^3 - N_2)	50
2.2.3.3. Formación Las Canoas. Margas amarillentas fosilíferas con niveles de calizas y margocalizas abigarradas e intervalos de cuerpos arrecifales (11) Calizas y margocalizas tableadas con niveles de margas amarillentas fosilíferas (12). Plioceno-Pleistoceno Inferior (N_2 - Q_1)	53
2.2.3.4. Formación Sánchez. Arcillas ocreas y margas subordinadas, con intervalos de arenas. Localmente, niveles métricos y decimétricos de lignitos. Plioceno-Pleistoceno Inferior-Medio (13) (N_2 - Q_{1-2})	54
<u>2.2.4. Pleistoceno Superior. La unidad de las arcillas del Río Boba y la Fm. La Isabela</u>	<u>56</u>
2.2.4.1. Arcillas del Río Boba. Arcillas rojizas, blanquecinas por alteración, con niveles de arenas (14). Pleistoceno Superior (Q_3)	56
2.2.4.2. Terrazas de corales. Biocronstrucciones arrecifales antiguas (¿Fm La Isabela?) (15). Pleistoceno Superior (Q_3). Bioconstrucciones arrecifales recientes (18) (Q_4)	57

2.3. Formaciones superficiales del Holoceno	58
<u>2.3.1. Holoceno marino y litoral.....</u>	<u>58</u>
2.3.1.1. Terrazas de corales. Bioconstrucciones arrecifales recientes (18) (Q ₄)	58
En punta Majagual y al oeste, en punta Majuan, se han cartografiado construcciones arrecifales con facies muy similares o idénticas a las anteriores pero situadas a cotas del nivel del mar indicando una formación subactual o muy reciente, por lo que se han separado en una unidad aparte (18) asignada al Holoceno.	
.....	58
2.3.1.2. Marisma alta. Arcillas, limos y arenas (21). Holoceno ((Q ₄)	58
2.3.1.4. Cordón litoral (a), reciente; (b), degradado (25). Holoceno (Q ₄).....	59
<u>2.3.2 Holoceno continental.....</u>	<u>59</u>
2.3.2.1. Abanicos aluviales y conos de deyección. Conglomerados con intercalaciones de arenas y limos (16). Holoceno (Q ₄)	59
2.3.2.2. Deslizamientos de ladera. Bloques de rocas metamórficas, con cantos, arenas y limos (17). Holoceno (Q ₄)	60
2.3.2.3. Coluvión. Cantos, arenas y limos (19). Holoceno (Q ₄)	60
2.3.2.4. Relleno de zonas endorreicas. Limos y arenas con cantos (20). Holoceno (Q ₄)	60
2.3.2.5. Área pantanosa. Ciénaga o lago colmatado. Limos y arcillas de decantación (23). Holoceno (Q ₄)	61
2.3.2.6. Llanura de inundación. Limos y arcillas con niveles de arenas y cantos (24). Holoceno (Q ₄).....	61
2.3.2.7. Cono deltaico. Arenas y limos (26). Holoceno (Q ₄)	61
2.3.2.9. Fondo de valle (28) y cauce abandonado (27). Cantos, arenas y gravas. Holoceno (Q ₄).....	62
 3. PETROLOGIA, GEOQUIMICA y GEOCRONOLOGÍA.....	63
3.1. Petrología	63
<u>3.1.1. Petrología de la Unidad de Esquistos de Santa Bárbara</u>	<u>63</u>
3.1.1.1. Descripción de los materiales	63

3.1.1.2. Esquistos con glaucofana y albita.....	64
3.1.1.3. Esquistos y cuarzoesquistos con cloritoide y fengita.....	65
3.1.1.4. Esquistos y cuarzoesquistos con fengita y esfena de grano fino	66
3.1.1.5. Filitas con fengita.....	67
3.1.1.7. Calcoesquistos con lawsonita.....	69
3.1.1.8. Calcoesquistos con fengita y esfena	70
3.1.1.9. Mármoles con fengita.....	71
3.1.1.10. Mármoles masivos y bandeados	72
<u>3.1.2. Petrología de la Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos</u>	<u>72</u>
3.1.2.1. Descripción de los materiales	72
3.1.2.2. Mármoles calcíticos masivos y microbandeados, miloníticos.....	73
3.1.2.3. Calcoesquistos con fengita y mica marrón	73
3.1.2.4. Calizas marmóreas recristalizadas	74
3.2. Geoquímica	75
3.3. Geocronología.....	75
4. TECTÓNICA.....	77
4.1. Contexto geológico-estructural regional.....	77
4.2. Macroestructura de la Península de Samaná.....	77
4.3. Estructuras e Historia Deformativa	79
<u>4.3.1. Deformación D2.....</u>	<u>86</u>
<u>4.3.2. Deformación previa D1.....</u>	<u>87</u>
<u>4.3.3. Deformación posterior D3.....</u>	<u>88</u>
<u>4.3.6. Transpresión asociada a la zona de falla Septentrional.....</u>	<u>88</u>
5. GEOMORFOLOGÍA	90
5.1. Análisis geomorfológico	90
<u>5.1.1. Estudio morfoestructural.....</u>	<u>90</u>

5.1.1.1. Formas estructurales	90
<u>5.1.2. Estudio del modelado.....</u>	<u>91</u>
5.1.2.1. Formas gravitacionales.....	92
5.1.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial.....	92
5.2. Evolución e historia geomorfológica	94
6. HISTORIA GEOLÓGICA.....	97
7. GEOLOGÍA ECONÓMICA	99
7.1. Hidrogeología	99
<u>7.1.1. Climatología e hidrología.....</u>	<u>99</u>
<u>7.1.2. Características hidrogeológicas</u>	<u>101</u>
7.2. Recursos minerales	105
<u>7.2.1. Rocas Industriales, Ornamentales</u>	<u>105</u>
7.2.1.1. Descripción de las Sustancias	105
<u>7.2.2. Minerales Energéticos</u>	<u>105</u>
<u>7.2.3. Potencial minero.....</u>	<u>106</u>
<u>7.2.4. Listado de Indicios.....</u>	<u>106</u>
8. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO	108
8.1. Relación de los L.I.G.....	108
8.2. Descripción de los Lugares	109
9. BIBLIOGRAFÍA.....	113

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. 1.1.1 y 1.3.6):

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)

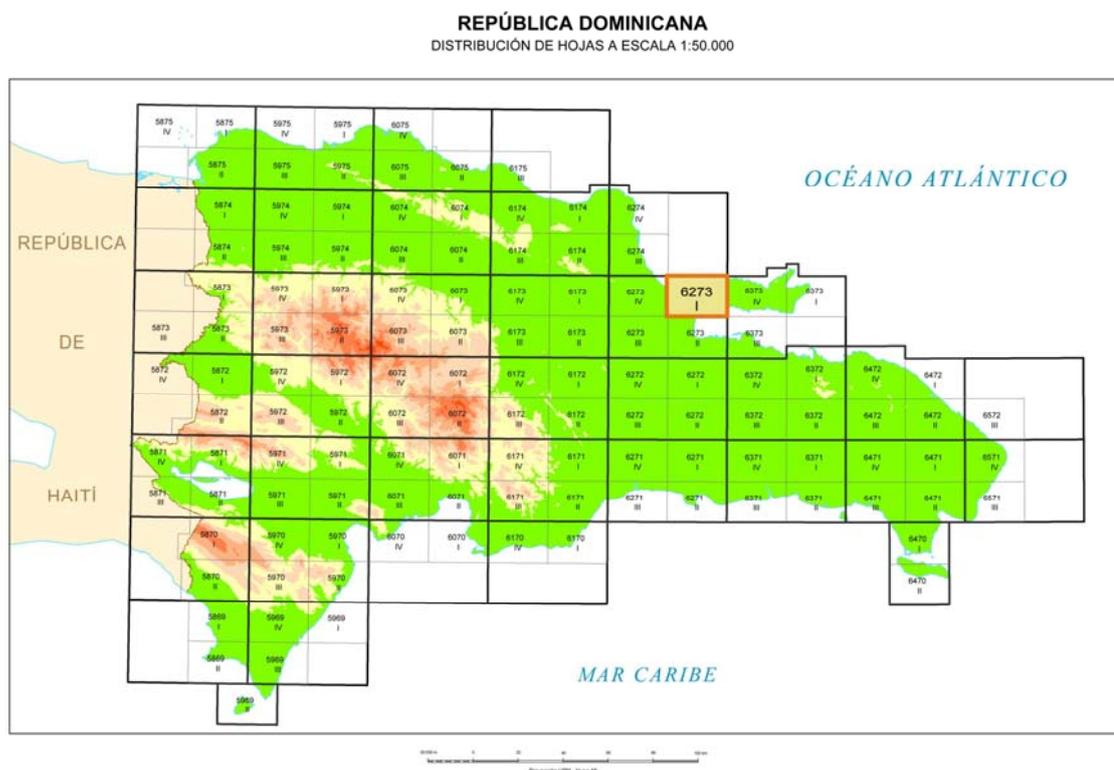


Fig. 1.1.1. Distribución de Hojas a escala 1:50.000 de la República Dominicana y situación de la Hoja de Sánchez (6273-I)

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 Sánchez (Fig. 1.1.2). se ha utilizado la información disponible de diversa procedencia, así como las fotografías aéreas a escala 1:40.000 del Proyecto MARENA (1983-84) y las imágenes de satélite Spot P, Landsat TM y SAR. Para la identificación y el seguimiento de estructuras profundas o subaflorantes, ha sido de gran utilidad el mapa de gradiente vertical de la República Dominicana (Fig. 1.1.3).

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 (Sánchez, 6273).

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

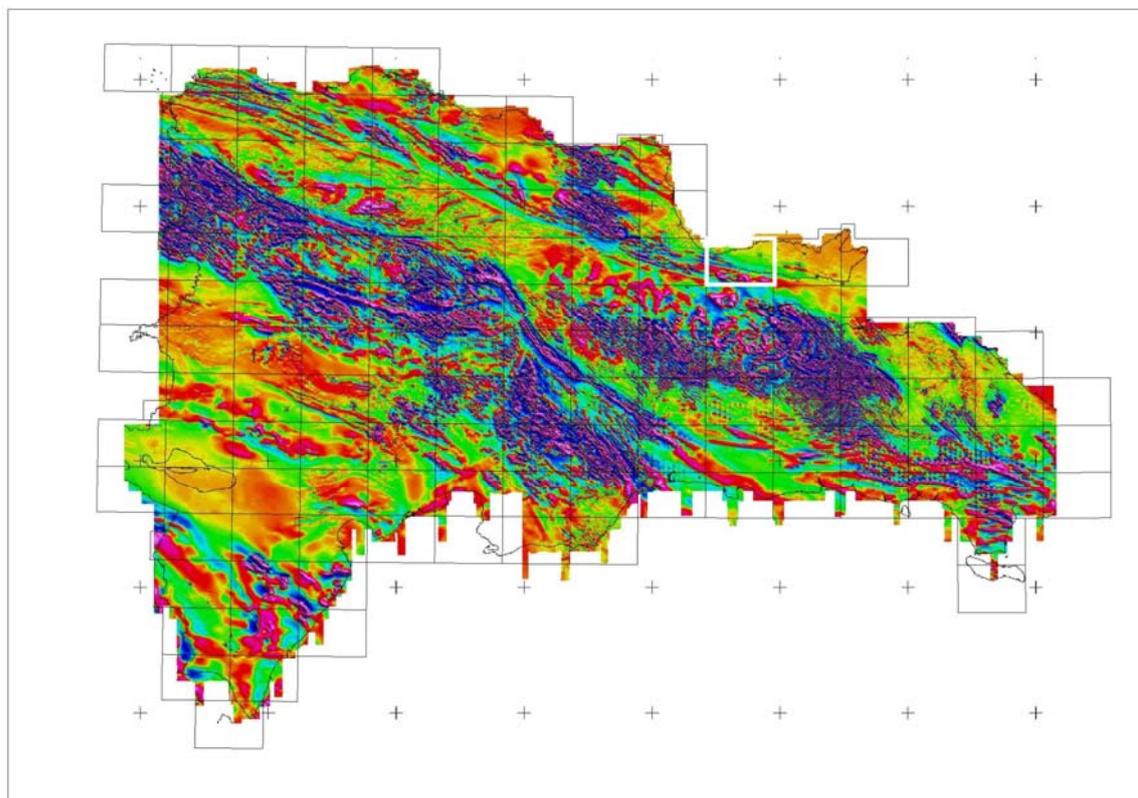


Fig. 1.1.2. Mapa de gradiente vertical de la República Dominicana. Se indica la situación de la Hoja de Sánchez.

1.2. Situación geográfica

Pertenciente al cuadrante de Sánchez, la Hoja a escala 1:50.000 con este mismo nombre (6273-I) se localiza en el sector NE de la República Dominicana, ocupando principalmente el sector oriental de la península de Samaná y una parte de la planicie del Gran Estero, dominio fisiográfico menor con el que se denominan las tierras llanas de la desembocadura del río Yuna donde confluyen y se atenúan dos dominios fisiográficos mayores, la Llanura Costera del Atlántico y el valle del Cibao (Fig. 1.2.1 y 1.2.2).

En el ámbito de la península, la fisiografía está dominada por la sierra de Samaná que la atraviesa de este a oeste dejando una estrecha, a veces inexistente, franja litoral periférica. La cota más alta de esta sierra se alcanza en el monte La Meseta (605 m) situado en la Hoja contigua de Santa Bárbara de Samaná. En la Hoja de Sánchez destacan varias lomas principales situadas a cotas por encima de los 400-500, Lomas La Cordillera, Alta, El Naranjito o Loma la Laguna Grande, esta última donde se encuentra la cota más alta (546m). En la sierra, la abundancia de litologías de naturaleza calcárea condiciona que la

morfología dominante sea de tipo kárstico, bastante espectacular y similar a la de la región de los Haitises situada al otro lado de la bahía. Por esta razón los ríos son muy escasos o inexistentes, siendo la mayor parte de los cursos de agua pequeños arroyos con un escaso recorrido limitado a la franja litoral. No obstante, en la Hoja de Sánchez se puede citar el río Majagual como el único con un cierto desarrollo longitudinal. La parte de la planicie del Gran Estero representada en la Hoja, es una muy llana y por ello sufre en épocas de fuertes lluvias periódicas inundaciones por el desbordamiento del río Yuna, uno de los principales cauces del país que drena la parte oriental del valle del Cibao. Esta circunstancia justifica que esté prácticamente deshabitada y su uso sea exclusivamente agrícola.

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

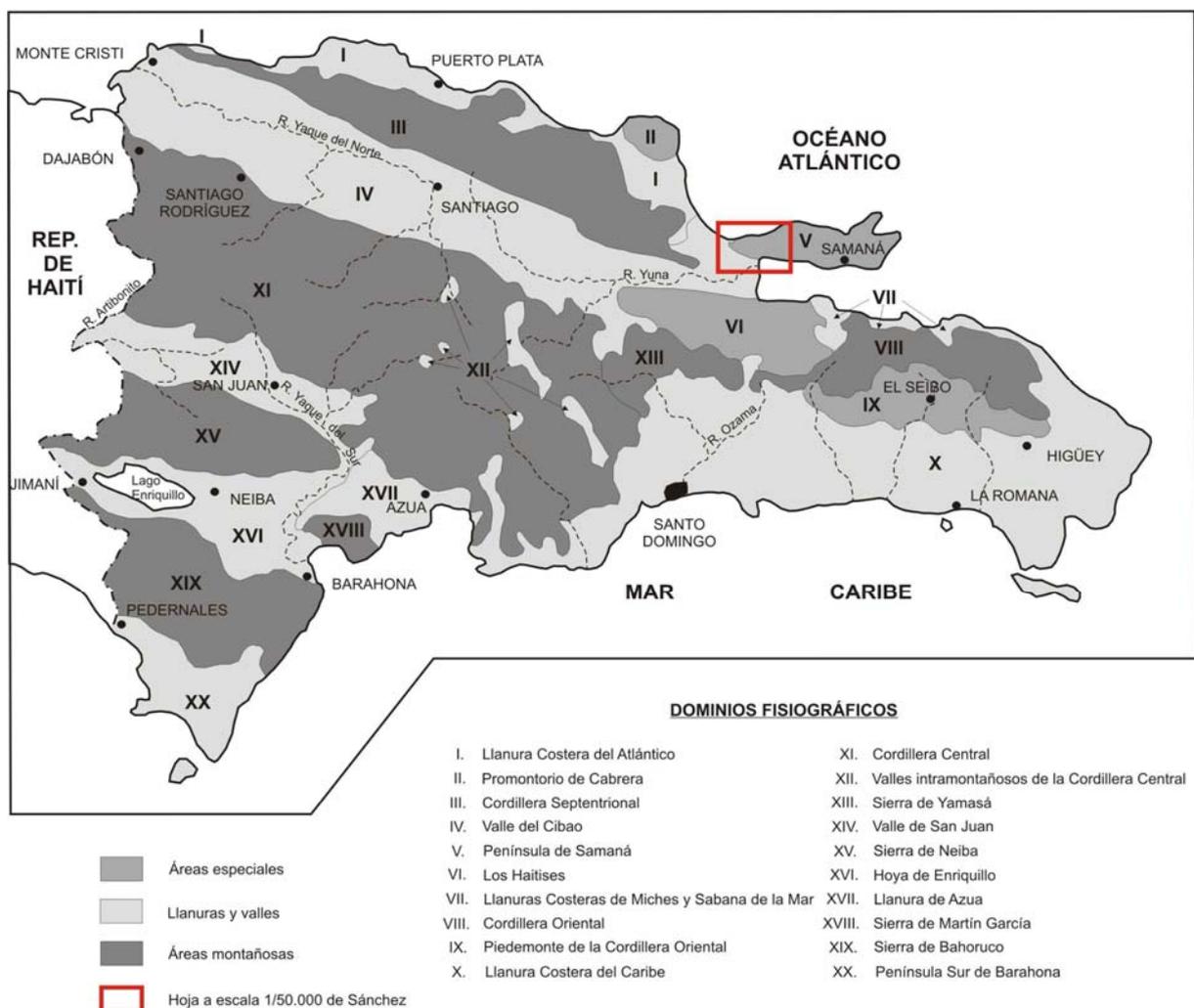


Fig. 1.2.1. Esquema de situación de la Hoja de Sánchez en relación con los principales dominios fisiográficos de la República Dominicana

Desde un punto de vista administrativo, la mayor parte de la Hoja de Sánchez pertenece a la Provincia de Samaná; una parte de la planicie del Gran Estero pertenece a la provincia de Duarte y en el límite oriental de la Hoja hay una estrecha banda que pertenece a la provincia de Maria Trinidad Sánchez. La provincia de Samaná fue creada el 4 de junio 1867, como Distrito Marítimo. La constitución de 1907 -efectiva en 1908- la convierte en Provincia. Samaná es el nombre indígena de la región.

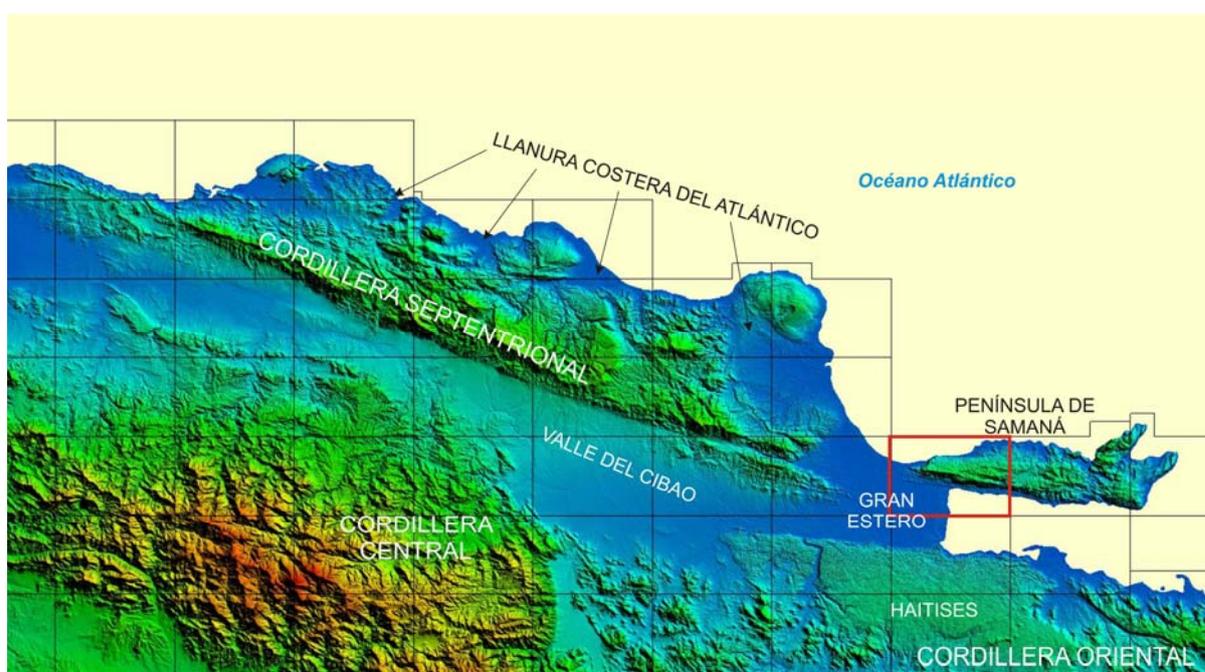


Fig. 1.2.2. Modelo digital del terreno de la Cordillera Septentrional, península de Samaná y dominios próximos, y situación de la Hoja de Sánchez

Según datos de la Oficina Nacional de Estadística (ONE), entidad pública rectora del sistema estadístico nacional, en el año 2002 la provincia de Samaná posee una superficie de 853,74 km² y una población de 91875 habitantes, resultando una densidad de población de 108,0 (hab/km²). La demografía por sexo se reparte entre 46738 hombres y 45137 mujeres, con un porcentaje de población urbana del 31,6%. Las ciudades principales son el municipio cabecera de Santa Bárbara de Samaná, con 51501 habitantes (10692 urbana y 40809 rural), de coordenadas 19°13' N - 69°19' W, y los municipios de Las Terrenas, Sánchez, Arroyo Barril, El Limón y Las Galeras. Las principales vías de acceso son la

carretera nacional 5 que une las localidades de Sánchez con Santa Bárbara de Samaná y Las Galeras por el sector meridional y oriental de la península, y la carretera que desde las inmediaciones de Sánchez parte hacia Las Terrenas en dirección norte para dirigirse después hacia el este a El Limón y a Santa Bárbara de Samaná. La península es accesible también mediante avión a los aeropuertos domésticos de El Portillo y Arroyo Barril, así como desde el recién inaugurado aeropuerto Internacional de El Catey.

Las actividades económicas principales de la provincia son el turismo, la agricultura y la pesca. También existe un pequeño desarrollo minero, con la extracción de mármol, y más recientemente, con motivo de la construcción de la nueva carretera a Santo Domingo, también ha habido una notable producción de áridos. Los productos agrícolas principales son el coco y yautía.

Samaná es una provincia de gran desarrollo turístico, principalmente en los centros de Samaná, Las Terrenas y Las Galeras. En los últimos años ha habido una profunda reestructuración de la oferta hotelera en la zona, que había caído en decadencia. Paralelamente, el sector inmobiliario de residencias turísticas ha experimentado un gran auge, particularmente en las inmediaciones de Las Terrenas.

Cada año, a mediados del invierno y primavera, Samaná es visitada por las ballenas jorobadas en su temporada de apareamiento, las cuales brindan un majestuoso espectáculo para los visitantes. El santuario de las ballenas se encuentra de camino de la isla de Cayo Levantado, lo cual permite que los visitantes que van a ver las ballenas también puedan visitar este singular paraje.

1.3. Marco Geológico

1.3.1. La Geología de La Española. Contexto general y estudios previos

La República Dominicana ocupa aproximadamente los dos tercios más orientales de la Isla La Española, cuya superficie total es de unos 80.000 km², lo que la convierte en la segunda isla más extensa de las Antillas Mayores. Desde el punto de vista fisiográfico la isla está constituida por cuatro alineaciones montañosas principales que, de norte a sur y según la toponimia dominicana, son la Cordillera Septentrional, la Cordillera Central, la Sierra de Neiba y la Sierra de Bahoruco, separadas por tres grandes valles según el mismo orden, el Valle del

Cibao, el Valle de San Juan y el Valle de Enriquillo. La orografía de la isla es muy accidentada, e incluye las mayores altitudes de las Antillas Mayores (picos Duarte y la Pelona, con 3087 m). Esta circunstancia revela una tectónica activa, que también se pone de manifiesto por la elevación topográfica de numerosas áreas, fallas activas y una notable actividad sísmica, con importantes terremotos registrados en los años 1751, 1770, 1842, 1887, 1911, 1946, 1948 y 1953.

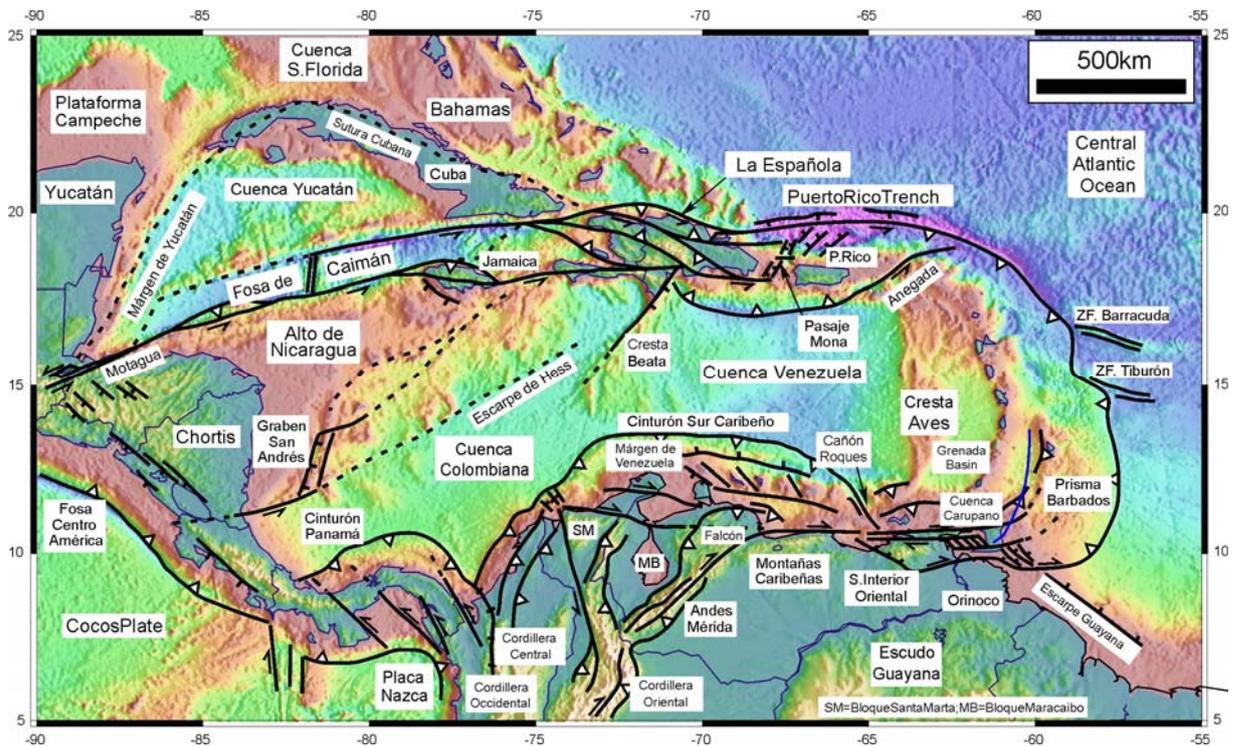


Fig. 1.3.1. Mapa de la placa Caribeña mostrando la situación de la isla de La Española en su borde septentrional. En la figura se muestran también los límites estructurales de la placa Caribeña con otras placas y los principales elementos tectónicos.

Desde el punto de vista geodinámico, la Isla Española se encuentra situada en la parte septentrional de la Placa del Caribe (Fig. 1.3.1) y conjuntamente con Puerto Rico, constituyen una unidad que puede interpretarse como una microplaca incipiente (Fig. 1.3.2), limitada al Norte por una zona de subducción/colisión oblicua (Fosa de Puerto Rico) y al Sur por una zona de subducción (Fosa de los Muertos). El margen Norte del Caribe ha tenido una notable evolución desde el Cretácico hasta hoy. Previamente al Eoceno Inferior, el límite norte del Caribe fue fundamentalmente de subducción (convergente con la Placa de Norteamérica), como lo evidencia la presencia del arco magmático del Cretácico Superior-Eoceno Inferior. La colisión de este arco magmático con la Plataforma de las Bahamas (margen continental meridional de Norte América), da lugar a la transición de un régimen

dominado por la subducción a uno con desplazamientos en dirección, que ha continuado a lo largo del Neógeno (Dolan y Mann, 1998). Desde entonces, este límite de placas tiene un carácter transpresivo senestro. Las reconstrucciones de placas propuestas para la región septentrional del Caribe, indican que la plataforma de las Bahamas se ha movido relativamente hacia el oeste respecto a la del Caribe en los últimos 20 Ma y que los efectos colisiones se han intensificado en la Española en los últimos 5 Ma (Mann et al., 2002; Pindell y Kennan, 2006; 2009; Pindell et al., 2005).

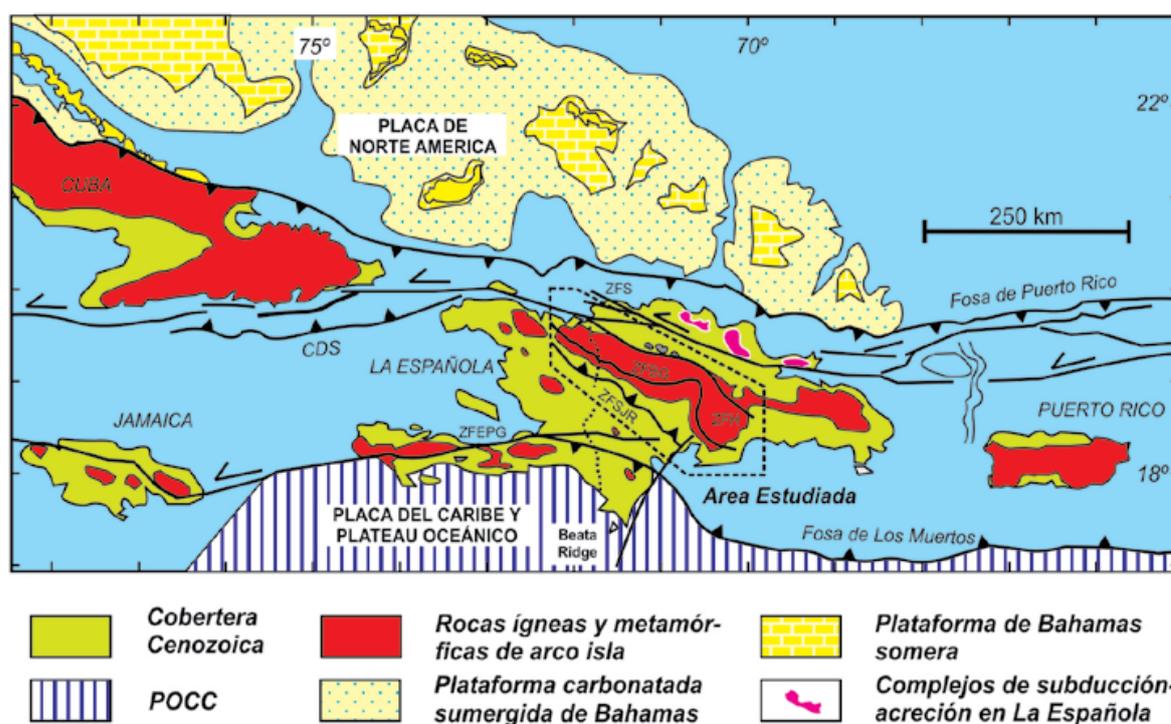


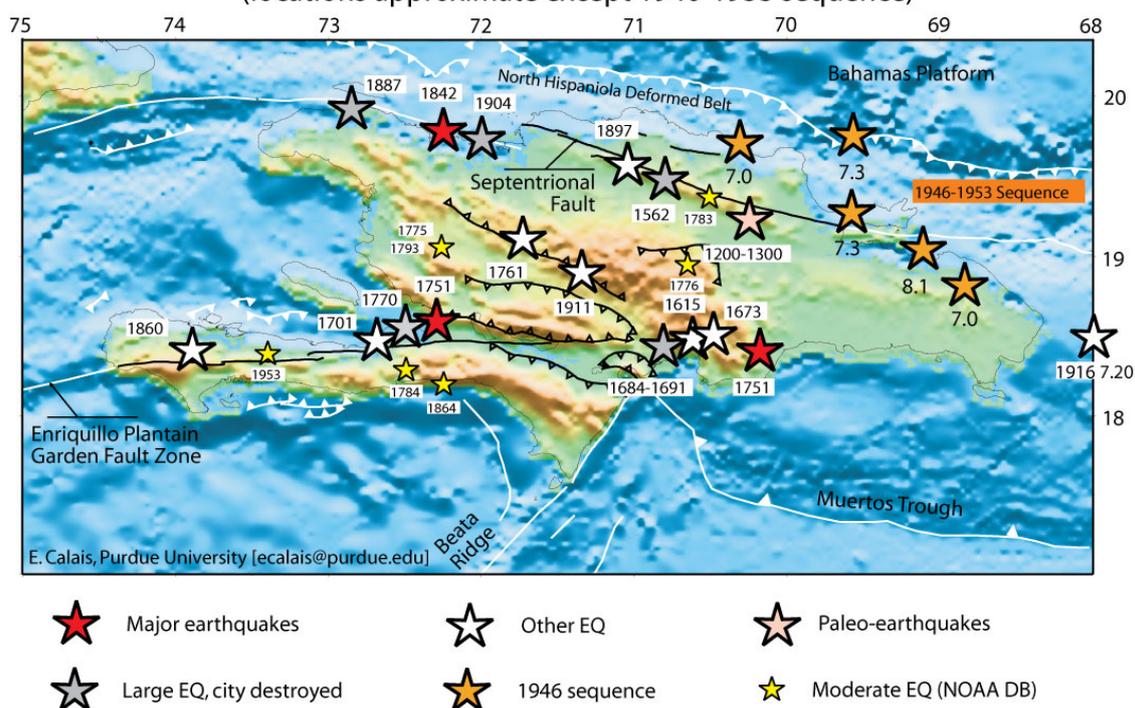
Fig. 1.3.2. Mapa del margen septentrional de la placa Caribeña (mod. de Lewis y Draper, 1990; Mann et al., 1991). La Española ha sido dividida en varios terrenos tectonoestratigráficos en base a su diferente historia geológica, yuxtapuestos tectónicamente por zonas de desgarre de dirección ONO-ESE y edad post-Eoceno/Oligoceno (Mann et al., 1991). Estas zonas de falla son: Septentrional (ZFS), La Española (ZFLE), La Guácara-Bonao (ZFBG), San Juan-Restauración (ZFSJR) y Enriquillo-Plantain Garden (ZFEFG).

Situados en la Cordillera Septentrional de la Española y a lo largo del borde sur de la Fosa de Puerto Rico, los afloramientos de rocas metamórficas de alta P constituyen evidencias de la antigua zona de subducción exhumada (Fig. 1.3.2), levantamiento que aún continúa en la actualidad. Como indican la distribución de mecanismos focales (Fig. 1.3.3), medidas de los desplazamientos de la Placa del Caribe mediante GPS (Fig. 1.3.3) y número de terrazas marinas emergidas, la isla de La Española constituye una zona de tectónica activa,

importantes terremotos históricos y levantamiento tectónico, debido a que el borde septentrional de la placa Caribeña está actualmente sometido a un régimen de convergencia oblicua (Calais et al., 1992, 1998, 2002; Mann et al., 1998; DeMets et al., 2000; Bilich et al., 2001; y Prentice et al., 2002).

Historical seismicity in Hispaniola (before 1960)

(locations approximate except 1946-1953 sequence)



Entre los estudios y documentos previos de carácter geológico-minero, la República Dominicana dispone de un mapa geológico a escala de 1:250.000, denominado "Mapa Geológico de la República Dominicana", publicado en 1991. Las referencias sobre la geología de la Española son numerosas y han sido publicadas en revistas internacionales principalmente. Una síntesis de la bibliografía geológico-minera básica puede encontrarse en el *Special Paper 262* (1991) de la Sociedad Geológica de América. Existen informes inéditos, de carácter minero, realizados por la compañía Rosario Dominicana en el ámbito del Proyecto. Como resultado de la cooperación Dominico-Alemana, entre los años 1984 y 1988, se elaboraron distintos mapas a escalas variables, entre 1:100,000 y 1:25,000, de los sectores Norte y Sur de la Cordillera Central y del sector Oeste de la Cordillera Septentrional.

Más recientemente, tienen un particular interés los volúmenes especiales de "Active strike-slip y collisional tectonics of the northern Caribbean Plate boundary zone", editado en 1998 por J. Dolan y P Mann (Spec. Pap. Geol. Soc. Am. vol 326) y que incluye abundante información sobre la geología de la República Dominicana; del Acta Geológica Hispánica (vol. 37), editado en 2002 por Pérez-Estaún et al., que actualiza la información geológica obtenida en el marco del Programa SYSMIN I; y del Boletín Geológico y Minero de España (vol. 118), publicado en 2007, que recoge una síntesis de los trabajos e investigaciones más recientes.

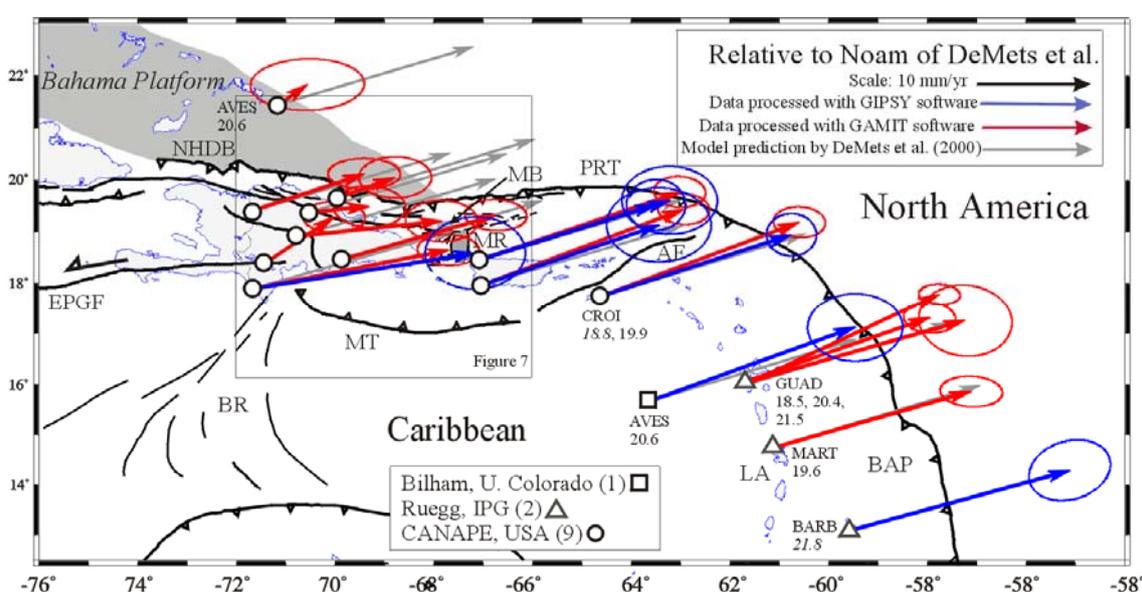


Fig. 1.3.3. (arriba) Mapa de situación de los principales terremotos históricos en el sector septentrional de la Placa del caribe y su relación con las estructuras que marcan límites de placas (Dolan y Wald, 1998); (abajo) Movimiento relativo de la Placa Caribeña hacia el ENE deducidos en base a medidas GPS y modelos dinámicos globales (de Mets et al., 2000; Mann et al., 2002). La situación de La Española en un relevo contractivo senestro origina la actividad neotectónica y creación de relieve.

Además de ser un área de especial interés para el estudio de la tectónica activa en la placa Caribeña y de los riesgos geológicos que ésta implica, la isla de La Española y, en concreto, el territorio correspondiente a la República Dominicana, también contiene un registro excepcional de la evolución del denominado Arco Isla Caribeño durante el Jurásico Superior y Cretácico, y de su deformación posterior por una tectónica transpresiva durante buena parte del Terciario. Sin embargo, a pesar de esta importancia geológica, y con la excepción de diversas investigaciones y prospecciones mineras y petrolíferas de carácter local, la mayor parte de la isla ha carecido de estudios geológicos de detalle hasta bien entrados los años 1980, a partir de los cuales varios estudios han incrementado su conocimiento

geológico. Los principales trabajos desarrollados en la parte dominicana de la isla se han agrupado en los Volúmenes Especiales de la Sociedad Geológica America (262 y 326) ya mencionados. Otros resúmenes de la geología de la isla se pueden encontrar también en Bowin (1975), Draper y Lewis (1991), Joyce (1991), Lewis (1980), Lewis y Draper (1990), Maurrasse (1981), Nagle (1974) y Pindell y Draper (1991).

Desde el punto de vista cartográfico, en la República Dominicana sólo existía cartografía geológica a escala 1:100.000 de las hojas de San Juan (5972), Comendador (5872) y San Cristóbal (6171) a escala 1:50.000. De ellas, sólo la primera se publicó con una Memoria explicativa, y las otras dos están en periodo de revisión. En la elaboración de estas hojas no se utilizó ninguna normativa específica que sirviera de base para la realización de nuevas hojas geológicas. Los proyectos SYSMIN de Cartografía Geotemática han venido a subsanar este vacío al establecer una sistemática para la elaboración de mapas geológicos y derivados a escala 1:50.000 y 1:100.000. El primero de estos proyectos, correspondiente a los cuadrantes 1:100.000 de Bonao, Constanza y Azua, fue ejecutado durante los años 1997-2000 por un consorcio de empresas españolas del que formaron parte el IGME e INYPSA, con resultados muy satisfactorios. La primera Fase del Programa SYSMIN de la Unión Europea finalizó en 2004 con la realización del Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana por el Consorcio IGME-BRGM-INYPSA, completando 47 Hojas geológicas a escala 1:50.000 y sus correspondientes Memorias, las cuales cubren aproximadamente un 60% del territorio. La ejecución de estos Proyectos confirma la validez de la normativa utilizada que ha sido la empleada en el Proyecto SYSMIN II.

Además de las cartografías temáticas, el principal resultado obtenido en el marco del Programa SYSMIN, en gran medida como consecuencia de integrar los nuevos datos multidisciplinarios litoestratigráficos, estructurales, petrológicos, geoquímicos, geomorfológicos y mineros, es que la información y el conocimiento geológico-minero de la República Dominicana ha experimentado un importante avance, plasmado en recientes publicaciones y numerosas participaciones a congresos, como la XVIII Conferencia Geológica del Caribe realizada en Santo Domingo en el 2008, y publicaciones SCI. Dicho conocimiento va a permitir la localización de nuevos recursos minerales, para invertir la evolución desfavorable del sector, a la vez que una mejor protección de la población frente a desastres naturales y una mejor gestión medioambiental del territorio.

1.3.2. Macro unidades geológicas

Localizada en el borde norte de la placa Caribeña, la geología de La Española resulta de la convergencia oblicua del margen continental de la placa de Norteamérica con el sistema de arco-isla Cretácico caribeño, la cual ocurrió fundamentalmente en el periodo Eoceno-Mioceno Inferior y continúa en la actualidad (Donnelly et al., 1990; Mann et al., 1991, 1995, 2008). La geotectónica activa ha dado lugar a una fisiografía caracterizada por una alternancia de sierras montañosas y valles, que pueden ser agrupadas en diez zonas fisiográficas o morfogenéticas (Fig. 1.3.4). Cada una de estas zonas presenta características geológicas que la distinguen de sus zonas contiguas y en general, sus límites coinciden con alineaciones morfoestructurales bien definidas.



Fig. 1.3.4. Principales unidades morfotectónicas de La Española según Lewis y Draper (1990)

Por otra parte, basándose en su diferente historia geológica, la isla de la Española ha sido dividida en varias unidades tectonoestratigráficas (denominadas *terrenos* en sentido amplio), que han sido yuxtapuestas tectónicamente por zonas de desgarre de dirección ONO-ESE y edad post-Eoceno Superior/Oligoceno (Mann et al., 1991). Estas zonas de falla son: Septentrional (ZFS), La Española (ZFLE), Bonao-La Guácara (ZFBG), San Juan-Restauración (ZFSJR) y Enriquillo-Plantain Garden (ZFEPG) (Fig. 1.3.5). Las rocas de estos terrenos están regionalmente cubiertas por rocas sedimentarias siliciclásticas y

carbonatadas de edad Eoceno Superior a Plioceno, que postdatan la actividad del arco-isla y registran las deformaciones relacionadas con la colisión oblicua arco-continente y, más recientemente, con la subducción activa el margen meridional de la isla (Bourgeois et al., 1983; Mann et al., 1991, 1995; Calais y Mercier de Lepinay, 1995; Dolan et al., 1998; Mann, 1999; Hernáiz Huerta y Pérez Estaún, 2002; ten Brink *et al.*, 2009).



Fig. 1.3.5. Mapa de los terrenos tectonoestratigráficos de La Española según Mann et al. (1991): (1) Samaná; (2) Puerto Plata-Pedro García-Río San Juan; (3) Altamira; (4) Seibo; (5) Oro; (6) Tortue-Maimón-Amina; (7) Loma Caribe-Tavera; (8) Duarte; (9) Tireo; (10) Trois Rivières-Peralta (11) Presq'île du Nord-Ouest-Neiba; y (12) Hotte-Selle-Bahoruco. Zonas de Falla: ZFRG, Río Grande; ZFS, Septentrional; ZFBG, Bonao-La Guácara; ZFH, Hatillo; ZFLE, La Española; ZFEPG, Enriquillo Plantain Garden; ZFSJR, San José-Restauración; ZFLPSJ, Los Pozos-San Juan.

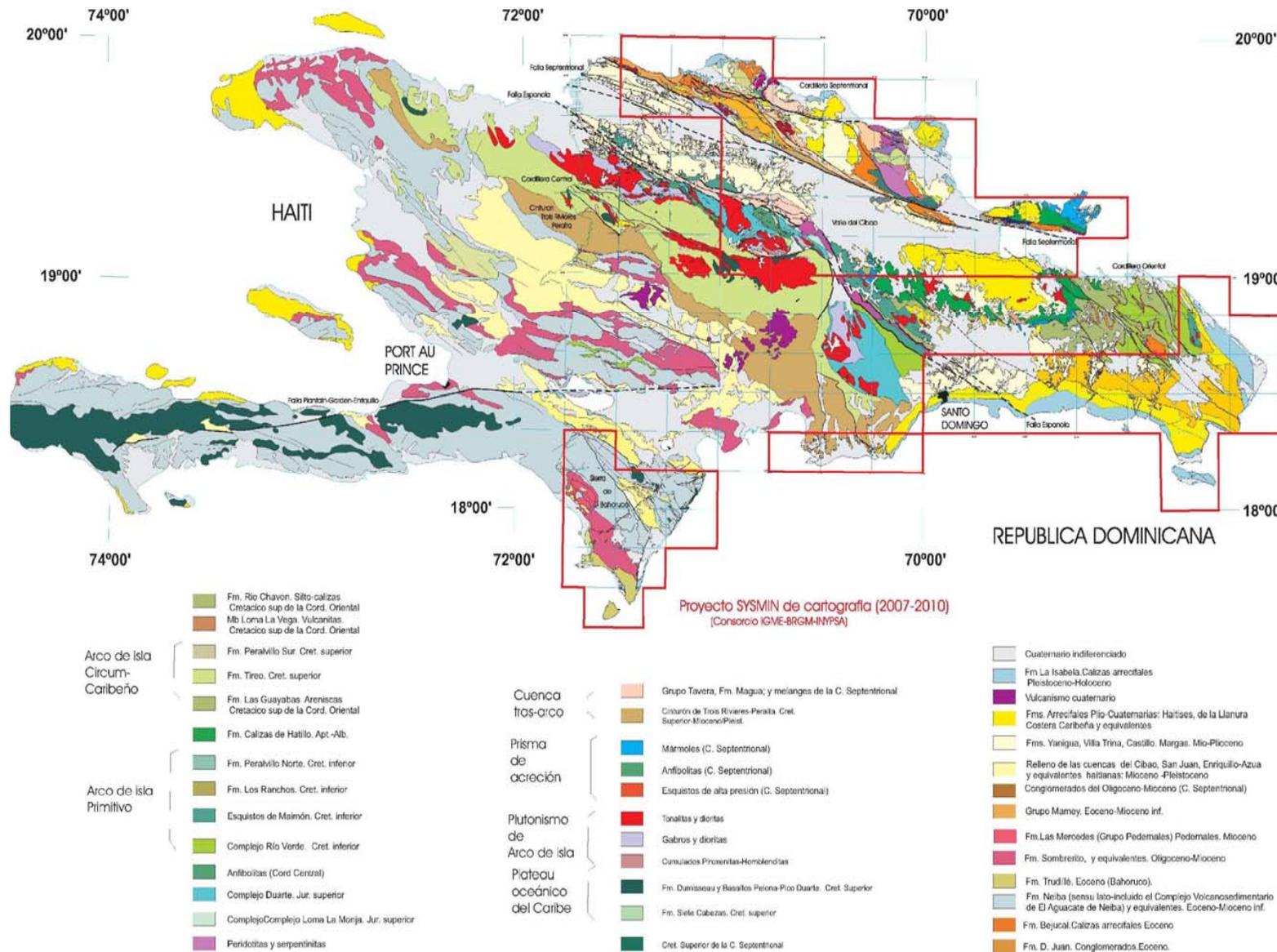
Los estudios realizados en la República Dominicana, entre ellos los que se enmarcan dentro del Programa SYSMIN, han permitido distinguir las siguientes macrounidades o dominios geológicos (Figs. 1.3.6):

- ❖ En la Cordillera Septentrional (y la península de Samaná) está representado un prisma de acreción (o complejo de zona de subducción) exhumado durante la colisión del arco de islas con el continente de Norte América, que incluye: a) los complejos de basamento formados por rocas de alta presión y que asocian, o a los que se asocian, olistostromas y mëlanges de matriz serpentinitica que igualmente incorporan rocas de alta presión

(complejos de Puerto Plata, Río San Juan y Samaná); b) pequeños complejos de basamento formados por fragmentos del arco de isla colisionado (El Cardeal, Palma Picada – o El Paradero - y Pedro García); y c) la cuenca turbidítica de antearco/antepaís suprayacente, rellena con las unidades siliciclásticas del Eoceno Inferior-Oligoceno. Además, hay que considerar las formaciones eminentemente carbonatadas del Mioceno Superior-Plioceno (Fm Los Haitises y equivalentes) y resto de formaciones cuaternarias que reposan discordante sobre todo el dispositivo anterior (Donnelly y Rogers 1980; Draper y Nagle 1991; Joyce 1991; Pindell y Draper, 1991; De Zoeten y Mann, 1999; Mann, 1999; Gonçalves et al. 2000; Escuder-Viruete y Pérez-Estaún, 2006; Braga 2010.

- ❖ En la Cordillera Oriental y en determinados puntos a lo largo del borde septentrional de la Cordillera Central aflora el arco isla primitivo del Cretácico Inferior, que incluye las rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Fm Los Ranchos y los Esquistos de Maimón y Amina, los cuales resultan ser petrológica y geoquímicamente equivalentes (Bowin, 1975; Draper y Lewis, 1991; Kesler et al., 1990, 2005; Lebron y Perfit, 1994; Lewis et al., 1995, 2000, 2002; Joubert et al., 2004; Escuder-Viruete et al., 2004, 2006). El Complejo Río Verde situado estructuralmente al SO representa el arco fallado o la cuenca de trasarco adyacente al frente volcánico (Escuder-Viruete et al., 2009). En la Cordillera Oriental, la Fm Los Ranchos está estratigráficamente recubierta por la potente secuencia sedimentaria siliciclástica de la Fm Las Guayabas. Esta unidad está formada por areniscas con abundantes terrígenos derivados de la erosión de un arco isla, por lo que se interpreta constituyen el relleno de la cuenca delantera del Arco Isla Caribeño del Cretácico Superior (García Senz et al., 2007).

- ❖ Un cinturón de peridotitas serpentinizadas, denominado Peridotitas de Loma Caribe (Lewis et. al, 2000, 2006; Draper et al., 1996), y las unidades volcano-plutónicas oceánicas relacionadas (Escuder-Viruete et al., 2006, 2008). El cinturón de Peridotitas de Loma Caribe aflora asociado a la zona de falla de La Española (Fig. 1.3.5 y 1.3.6), que es una de las estructuras más importante de toda la isla. Se trata de una falla de desgarre que, hasta el cese de su funcionamiento aproximadamente a comienzos del Mioceno, resolvió un gran desplazamiento lateral, aproximando y yuxtaponiendo, al menos, los distintos fragmentos litosféricos actualmente representados en las Cordilleras Central y Oriental (Hernaiz Huerta, 2006; Hernaiz Huerta *et al.*, 2008)



- ❖ Ocupando principalmente la vertiente septentrional de la Cordillera Central, se reconoce un complejo metamórfico de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior, compuesto por la asociación volcano-plutónica de Loma La Monja (Escuder-Viruete et al., 2008) y el Complejo Duarte (Palmer, 1979), que se interpreta como derivado de una meseta oceánica (Draper y Lewis, 1991; Lewis y Jiménez, 1991; Montgomery et al., 1994) edificada sobre un sustrato oceánico de basaltos, sedimentos pelágicos y radiolaritas de procedencia Pacífica (Montgomery et al., 1994). El Complejo Duarte incluye picritas olivínicas y basaltos ricos en Mg geoquímica e isotópicamente similares a los magmas generados por una pluma mantélica (Lapierre et al., 1997, 1999, 2000; Escuder-Viruete et al., 2007).

- ❖ La amplia franja axial de la Cordillera Central es la principal zona de aforamiento de la secuencia de arco magmático del Cretácico Superior, representada principalmente por el Grupo Tireo; está intruida por los batolitos gabro-tonalíticos de Loma de Cabrera, Loma del Tambor, El Bao, Jumunuco, El Río y Arroyo Caña, incluyendo complejos ultramáficos y plutones de leucotonalitas foliadas (Lewis et al., 1991, 2002; Contreras et al., 2004; Escuder-Viruete et al., 2004; Joubert et al., 2004; Stein et al., 2004). Sobre estos materiales tuvo lugar la extrusión de la potente Fm Basaltos de Pelona-Pico Duarte, que corresponde a un magmatismo intraplaca relacionado con los eventos más tardíos de construcción del Plateau Oceánico Caribeño en el Campaniense-Maastrichtiense (Escuder-Viruete et al., 2009).

- ❖ El cinturón de pliegues y cabalgamientos de Trois Rivières-Peralta ocupa fundamentalmente la vertiente sur de la Cordillera Central y en él afloran las formaciones sedimentarias del Eoceno Inferior/Medio-Oligoceno (¿y Mioceno Inferior?) que se depositaron por detrás del arco isla (cuenca trasera de arco) contemporáneamente a la colisión entre éste y el continente Norteamericano y deformaron como consecuencia de ésta (Heubeck, 1988; Heubeck y Mann, 1991; Dolan et al., 1991; Hernáiz Huerta y Pérez-Estaún, 2002). La cuenca de San Juan-Azua (y parcialmente, los territorios situados al sur de éstas, incluida la cuenca de Enriquillo), están rellenas por materiales del Neógeno-Cuaternario y tiene el carácter de cuenca de antepaís respecto al citado cinturón de Trois Rivières-Peralta (Mann et al., 1991, 1999; Díaz de Neira y Solé Pont, 2002)

- ❖ En la posición más meridional del país, las sierras de Neiba, Martín García y Bahoruco, están constuidas por materiales de naturaleza eminentemente calcárea de edad Eoceno-Mioceno. Su levantamiento muy reciente, a partir del Plioceno Inferior-Medio, está relacionado con el emplazamiento en superficie de un fragmento del *plateau* oceánico del Caribe aflorante en el núcleo de la sierra de Bahoruco (y sus equivalentes en territorio haitiano, sierras de Hotte y Selle; Maurasse et al., 1979; Sen et al., 1988; Girard *et al.*, 1982) así como también, posiblemente, en el núcleo de la Sierra de Neiba (Hernaiz Huerta, 2004). Se denomina *plateau* oceánico del Caribe a un episodio de basaltos masivos oceánicos de edad Cretácico Superior que se ha identificado en sondeos y perfiles sísmicos en el sustrato de buena parte del mar Caribe y de la dorsal de Beata (Kerr et al., 2002).

1.3.3. Historia Geológica de La Española

La historia geológica simplificada que registran las muy variadas rocas que constituyen la isla de La Española puede sintetizarse en los siguientes eventos:

- ✓ Jurásico Medio-Superior. Edad de formación de las rocas oceánicas más antiguas del Caribe, siendo tanto de procedencia Pacífica como resultado de la separación de las placas de Norte y Sur América y la formación del océano del proto-Caribe (Mann et al., 1991; Montgomery et al., 1994; Lewis et al., 1999; Escuder Viruete y Pérez-Estaún, 2006; Escuder Viruete et al., 2008).
- ✓ Cretácico Inferior. Génesis del Arco de Islas Primitivo, representado por las Fms Los Ranchos, Amina y Maimón, junto con el Complejo Río Verde (Donnelly et al., 1990; Lebrón y Perfit, 1994; Draper et al., 1994; Lewis et al., 1995, 2000, 2002; Kesler et al., 1977, 2003, 2005; Escuder Viruete et al., 2006, 2008, 2009), sobre una zona de subducción con polaridad hacia el Sur (en la posición actual; (Krebs et al., 2007; Pindell et al., 2005; Escuder Viruete et al., 2008). Existencia de episodios magmáticos relacionados con la actividad de una pluma mantélica, representados por los basaltos magnesianos y picritas del Complejo Duarte (Draper y Lewis, 1991; Lewis et al., 2000; Lapierre et al., 1997, 1999, 2000; Escuder Viruete et al., 2004, 2006, 2007).
- ✓ Cretácico Superior-Eoceno. Probable cambio en la cinemática del arco (Cenomanense Superior-Turonense) y continuación de la subducción dando lugar a la formación del Arco

de Islas del Caribe, representado por el Grupo Tireo (Lewis et al., 1991, 2000, 2002; Escuder Viruete et al., 2007, 2008). Evento magmático principal de formación del Plateau oceánico del Caribe en el Turoniense-Coniacense (Fm Constanza) y en el Campaniense-Maastrichtiense (Fms de Siete Cabezas y Basaltos de Pelona-Pico Duarte). Formación de la Falla de la Española e inicio de los desplazamientos laterales entre el arco primitivo y el arco Cretácico Superior, así como respecto a su parte frontal (prisma acrecional y cuencas de antearco; Donnelly, 1973, 1989, 1994).

- ✓ Eoceno Medio-Superior. Colisión del arco de islas con la plataforma de las Bahamas, exhumación de las rocas de alta P (De Zoeten y Mann, 1991, 1999; Joyce, 1991; Gonçalves et al., 2002; Escuder Viruete y Pérez-Estaún, 2006) y cese de la actividad magmática relacionada con la subducción. Desplazamiento a lo largo de la Falla de la Española provocando la aproximación de las parte traseras del arco a las partes frontales.
- ✓ Oligoceno-Mioceno Inferior. Movimientos en dirección en la zona de colisión y en el interior del arco. Fallas de desgarre y cuencas sedimentarias asociadas (Mann et al., 2002; Hernáiz Huerta et al., 2006; García Senz et al., 2007).
- ✓ Mioceno Superior-Actualidad. Continuando la anterior etapa, generalización de la tectónica de desgarre y estructuras relacionadas con la subducción, situada al Sur de la Isla (Mann et al., 2002). Exhumación final del complejo de acreción-colisión.

1.3.4. Macroestructura de La Española

Los resultados obtenidos en los Proyectos del Programa SYSMIN han supuesto un nuevo e importante avance en el conocimiento de la geología estructural de la República Dominicana. Desde un punto de vista tectónico, la estructura de la Isla de La Española resulta de la convergencia oblicua a la colisión final del sistema de arco-isla Caribeño Cretácico y la placa de Norte América, que tuvo lugar desde el Eoceno Medio-Superior (Bowin, 1975; Donnelly et al., 1990; Mann et al., 1991, 1995, 1999; Draper et al., 1994; Escuder Viruete y Pérez-Estaún, 2006; Pérez Estaún et al., 2002, 2007).

La macroestructura de La Española resultante consiste en un conjunto de unidades tectónicas de unos 250 kilómetros de anchura, constituido por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior a Eoceno, que se formaron y

acrecionaron en un arco-isla intraoceánico hasta la colisión arco-continente . Estas rocas están regionalmente cubiertas por una cobertera de rocas sedimentarias siliciclásticas y carbonatadas de edad Eoceno/Oligoceno – Actualidad, que post-datan la actividad del arco isla y registran principalmente el período de movimiento transcurrente senestro entre las placas de Norte América y Caribeña (Mann, 1999; Mann et al., 1991, 2002; Calais et al., 1992; Dolan et al., 1998).

Las estructuras formadas a lo largo de la historia cenozoica de La Española son típicamente transpresionales, como zonas de falla transcurrentes de gran escala y subparalelas a la zona de colisión, que acomodan grandes desplazamientos laterales entre bloques tectónicos; abanicos de fallas de alto ángulo que forman estructuras “en flor” positivas (sierras elevadas) y negativas (cuencas); sistemas de pliegues dispuestos “en-échelon”, fallas con relevos locales compresionales y extensionales, etc. Un ejemplo regional de deformación transpresiva evidenciada por la distribución en el espacio y tiempo de las principales estructuras es el área de Neiba-Enriquillo, que produce el levantamiento regional de las Sierras de Neiba, Barohuco y Martín García, contemporáneo a la subsidencia y sedimentación en la cuenca flexural de Enriquillo (Hernaiz Huerta, 2004, 2006). El contacto entre las áreas montañosas y la cuenca está en estas áreas definido por cabalgamientos y fallas de desgarre inverso. Las relaciones estratigráficas entre la base de la cuenca de Enriquillo y la culminación de las sierras, indican que durante la deformación Cenozoica se formó un relieve estructural de unos 7 km de altura. Otras características estructurales de la región son la formación contemporánea de zonas de desgarre y fallas normales e inversas, todas ellas cinemáticamente relacionadas; y de sistemas de pliegues anticlinales y sinclinales dispuestos cartográficamente “en-échelon”, con trazas axiales sigmoidales definiendo un relevo lateral senestro.

1.3.5. Unidades del prisma de acreción/colisión

En este apartado se describen las características litológicas, petrológicas y estructurales de las unidades estratigráficas, complejos metamórficos o terrenos tectónicos que intervienen en la zona de Proyecto SYSMIN II o están geológicamente relacionadas con la península de Samaná. En su conjunto, estas descripciones sintetizan el estado actual del conocimiento geológico del área.

Las unidades del prisma de acreción/colisión aflorantes en la Cordillera Septentrional y Península de Samaná comprenden: los complejos de rocas de alta presión de Puerto Plata,

Río San Juan y Samaná, incluyendo mélanges tectónicas, láminas ultramáficas serpentinizadas, esquistos azules y eclogitas (De Zoeten et al., 1991); y la cuencas turbidíticas suprayacentes formadas durante la colisión y rellenas fundamentalmente con las unidades del Grupo El Mamey (De Zoeten y Mann, 1999). Los complejos de basamento de El Cacheal, Palma Picada y Pedro García, también afloran en la Cordillera Septentrional, pero sus características litológicas y geoquímicas permiten más bien relacionarlos con el arco isla Caribeño. Las unidades del prisma de acreción y los complejos constituidos por rocas de arco, están incluidos en los terrenos de Mann et al. (1991) de: Samaná, Puerto Plata-Pedro García-Río San Juan y Altamira. El límite meridional de este conjunto de unidades está constituido por la Zona de Falla Septentrional.

Mann et al. (1999) propuso que las unidades de alta-P de la Cordillera Septentrional han sido exhumadas por la tectónica de desgarres inversos de movimiento senestro y edad Neógeno-Cuaternaria, asociada a la Zona de Falla Septentrional. Previamente, la asociación de esquistos azules, eclogitas, mélanges tectónicas y serpentinitas permitió a Nagle (1974) sugerir que las rocas metamórficas de alta-P de la Cordillera Septentrional y Península de Samaná, fueron generadas en una zona de subducción. Mann et al. (1991) agrupan estas rocas en los terrenos de Samaná y Puerto Plata-Pedro García-Río San Juan, los cuales fueron originados en el área de ante-arco o de la zona de subducción, durante el cabalgamiento dirigido al NE de la placa del Caribe sobre el margen continental de Norte América a lo largo de la Fosa de Puerto Rico (Pindell y Draper, 1991; Draper y Nagle, 1991; Joyce, 1991; De Zoeten et al., 1991). Los esquistos azules y eclogitas aparecen en los complejos de alta-P de dos formas: (1) como bloques exóticos intercalados tectónicamente en una mélange de matriz serpentinitica de bajo grado (mélanges de Jagua Clara y Arroyo Sabana, Complejo Río San Juan; Draper y Nagle, 1991); y como bloques lenticulares intercalados en mármoles, calco-esquistos y micaesquistos (Complejo de Samaná; Joyce, 1991; Gonçalves et al., 2000; Catlos y Sorensen, 2003; Zack et al., 2004; Escuder Viruete y Pérez-Estaún, 2006).

La geología de la Península de Samaná está compuesta de tres elementos (Joyce, 1991): un complejo metamórfico relacionado con subducción, cuya estructura interna consiste en un apilamiento imbricado de láminas discretas de alta-P (Escuder Viruete y Pérez-Estaún, 2006); un grupo de rocas siliciclásticas de posible edad Mioceno, que se disponen en contacto tectónico o discordante sobre el complejo metamórfico en la costa meridional; y una cobertera discordante de formaciones carbonatadas Mioceno Superior a Plioceno subhorizontales.

En la Cordillera Septentrional, las unidades del grupo El Mamey (De Zoeten y Mann, 1991, 1999; Dolan et al., 1991) constituyen el relleno durante el Eoceno Superior-Mioceno Inferior de una cuenca turbidítica suprayacente a los complejos de alta-P. En el Grupo el Mamey se reconocen las formaciones de Luperón, Altamira, Las Navas y La Toca, separadas por discontinuidades y discordancias estratigráficas. Litológicamente esta compuesto de base a muro por biomicritas con intercalaciones locales de tobas (Paleoceno-Eoceno Inferior), conglomerados (Eoceno Superior) y turbiditas calcáreas y siliciclásticas (Eoceno Superior-Mioceno Inferior). Otras unidades relacionadas son las Fms Imbert y San Marcos. El relleno de la cuenca turbidítica sigue un surco elongado de dirección NO-SE, y fue formada como consecuencia de la colisión oblicua en el Eoceno Medio-Superior de la Plataforma de las Bahamas bajo el arco caribeño en La Española, que origina su levantamiento como área fuente y erosión (De Zoeten y Mann, 1991, 1999; Escuder-Viruete y Pérez-Estaún, 2004).

1.4. Antecedentes

1.4.1. El complejo de Samaná

En la península de Samaná el interés geológico se ha centrado casi exclusivamente en el Complejo de Samaná (Fig. 1.4.1.) que fue estudiado desde un punto de vista estructural y metamórfico por Joyce (1985, 1991), así como revisado por Draper y Lewis (1991). Previamente, Nagle (1974) señalaba la existencia en la península de rocas metamórficas y varios pequeños cuerpos de serpentinitas. La geología de la península de Samaná está compuesta por tres elementos (Joyce, 1991): (1) un complejo metamórfico relacionado con subducción; (2) un conjunto de rocas siliciclásticas gruesas basculadas de edad Mioceno en contacto tectónico o discordantes sobre el complejo en la costa meridional; y (3) una cobertera discordante de formaciones carbonatadas subhorizontales de edad Mioceno Superior-Plioceno. A estos tres elementos hay que añadir las formaciones superficiales Cuaternarias. El conjunto de la península de Samaná está deformado por un sistema de desgarres sinistros y fallas inversas, en parte relacionado con el movimiento Neógeno de la zona de falla Septentrional. Se puede decir que apenas hay referencias de las unidades no metamórficas del península salvo la definición y breve descripción iniciales de algunas de ellas realizadas en el contexto de los trabajos de Joyce (1985;1991).

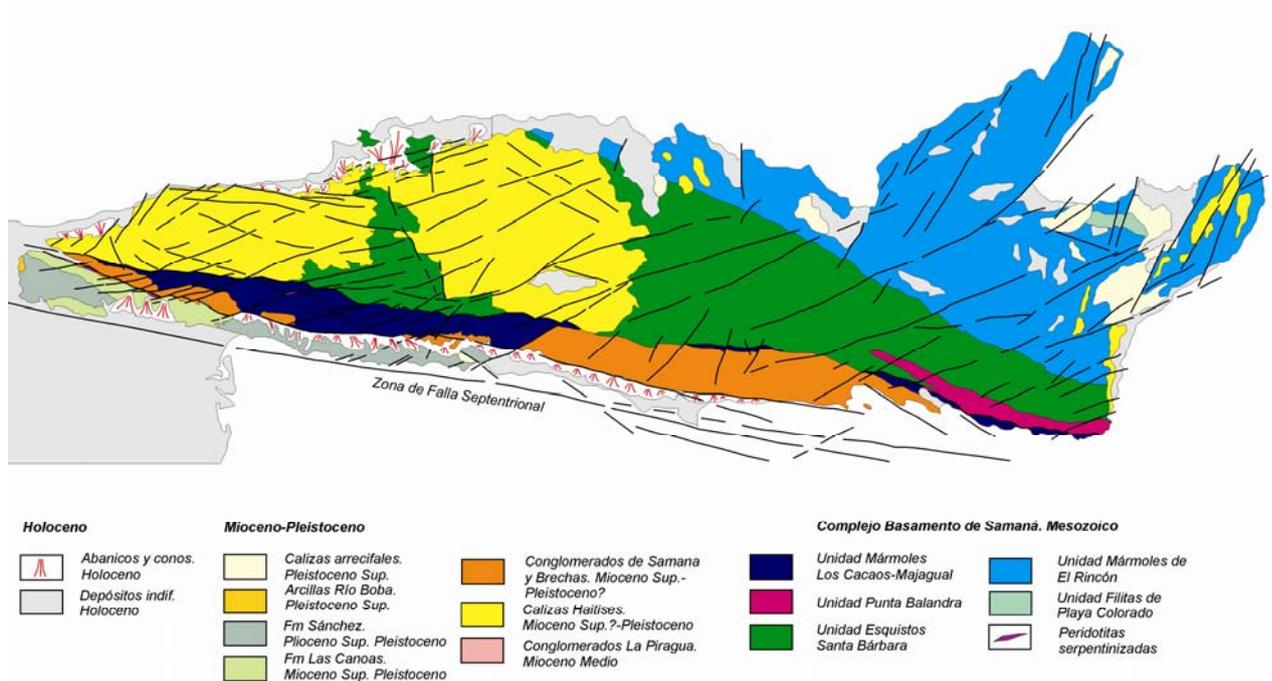


Fig. 1..4.1. Mapa geológico esquemático de la península de Samaná (tomada de Escuder Viruete, 2010 a)

El complejo de Samaná está constituido por rocas metamórficas pelíticas, carbonatadas y máficas, que alternan a todas las escalas y en muy variadas proporciones relativas. Joyce (1985, 1991) establece las unidades metacarbonatadas de Mármoles de Majagual y El Rincón, y las metapelíticas de Esquistos de Santa Bárbara y de Punta Balandra. A lo largo de la península, Joyce (1991) reconoce una secuencia de tres zonas metamórficas minerales, que gradúan desde asociaciones de baja temperatura en esquistos y calcoesquistos al norte, a asociaciones de mayor temperatura en rocas eclogitas con granate y onfacita y esquistos con glaucofana al sur. La zona I está caracterizada por rocas que preservan las estructuras primarias relictas y han recristalizado a asociaciones con lawsonita y albita (unidad de Santa Bárbara). La zona II intermedia posee un espesor estructural de 1-2 km y está definida por la presencia de asociaciones con lawsonita, albita y glaucofana en metabasitas. La zona III aflora exclusivamente en el extremo meridional de la península, cerca a la zona de falla Septentrional y está definida por la presencia de asociaciones con granate, onfacita y fengita, así como con granate, glaucofana y clinozoisita, en bloques y boudines máficos intercalados entre mármoles y micaesquistos (unidad de Punta Balandra). Para Joyce (1991) esta secuencia mineralógica representa el gradiente metamórfico generado durante la subducción dirigida hacia el suroeste en el

Cretácico-Eoceno. Sin embargo, el aumento en la temperatura pico de metamorfismo ocurre en una corta distancia y puede ser explicado mejor mediante la yuxtaposición tectónica de unidades que fueron metamorfizadas a diferente profundidad (Escuder Viruete y Pérez Estaún, 2006).

Para Gonçalves et al. (2000), las condiciones mínimas de P y T metamórficas alcanzadas fueron de 13 ± 2 kbar y 450 ± 70 °C en la unidad de Punta Balandra y de $7,5\pm 2$ kbar y 320 ± 80 °C en la unidad de Santa Bárbara. Los datos estructurales obtenidos por estos autores permiten deducir que la unidad de Punta Balandra cabalga sobre la unidad de Santa Bárbara, e interpretar el apilamiento de unidades metamórficas del Complejo de Samaná como un fragmento del prisma de acreción cabalgante sobre la plataforma continental de Norte América. Para Sorensen et al. (1997), sin embargo, las estimaciones P-T para eclogitas ($P_{\min}=8-11$ kbar; $T=500-600$ °C), las asociaciones minerales y las observaciones texturales en los bordes, indican un emplazamiento relativamente tardío de los bloques en los esquistos semipelíticos encajantes y que el metamorfismo de los bloques de alto grado no tuvo lugar *in situ* a las condiciones P-T de esquistos verdes regionales. Las observaciones en los bordes consisten en la presencia local de bordes con talco, Mg-clorita y fuchsita, presumiblemente derivadas de rocas metaultramáficas. Zack et al. (2004) describen un bloque de eclogitas con lawsonita recolectado en la playa de Punta Balandra, desafortunadamente sin indicación de su contexto estructural. Estos autores calculan condiciones para el pico de presión de las eclogitas de 16 kbar and 360 °C, que indican una subducción fría de corteza oceánica en un prisma de acreción.

Posteriormente, Escuder Viruete y Pérez Estaún (2006) reconstruyen la trayectoria metamórfica P-T seguida por los bloques de eclogitas y glaucofanitas con granate de los niveles estructurales más altos de la unidad de Punta Balandra, en base a la interpretación de las meso y microfábricas, la secuencia de asociaciones minerales y su composición químico-mineralógica. Los resultados obtenidos sugieren una trayectoria programa relacionada con subducción desde la facies de esquistos azules con lawsonita sin granate a con granate, hasta las condiciones eclogíticas con fengita a $P=22-24$ kbar y $T=610-625$ °C, con un probable estadio intermedio en la facies de las eclogitas con lawsonita a menor P. La trayectoria retrógrada subsecuente incluye un estadio en la facies de esquistos azules con epidota (sin granate) y termina en el campo de los esquistos verdes, similar a la evolución programa pero a menor P. Para estos autores, las eclogitas se formaron en una zona de

subducción intraoceánica, en la que litosfera oceánica fue subducida hacia el OSO/O bajo la placa Caribeña.

La composición geoquímica de elementos mayores, traza y de isótopos radiogénicos de los bloques de eclogitas y esquistos azules de la Península de Samaná, así como para rocas similares dragadas en la fosa de Puerto Rico, fue obtenida por Perfit et al. (1980, 1982) y Perfit y McCulloch (1982). Según estos autores y Sorensen et al. (1997), los bloques máficos de alta-P de Samaná poseen una composición pobre en TiO_2 (<1 wt%) y un enriquecimiento en LREE que, junto a los contenidos en elementos HFSE y REE, son característicos de rocas volcánicas basálticas de arco isla. Para Sorensen et al. (1997), las eclogitas de Punta Balandra presentan un enriquecimiento en elementos LILE (K, Ba, Rb y Cs), que son incorporados en la mica fengita, producido durante el metamorfismo de mayor T y retógrado en una zona de subducción. Dicho enriquecimiento sería producto del metasomatismo producido en los bloques máficos por fluidos previamente en equilibrio a alta-T con rocas metasedimentarias ricas en LILE. Para Escuder-Viruet et al. (2004), la composición geoquímica en elementos traza y el valor de $(\epsilon_{Nd})_{t=86} = +7.2$ (t=86 Ma) en un único bloque de eclogita, indica que proceden de metagabros oceánicos ricos en Fe y Ti derivados de fuentes mantélicas empobrecidas.

1.4.2. Edades de los protolitos y del metamorfismo

La edad de formación de los protolitos del Complejo de Samaná es en gran parte desconocida y se sintetiza en la Fig. 1.4.2. Weaver et al. (1976) obtiene un fósil de *Globotruncana* de edad Campaniense-Maastrichtiense en un mármol o caliza recristalizada gris próximo a la localidad de Samaná, lo que indica edades Cretácicas para los protolitos sedimentarios carbonatados. Iturralde-Vinent (2008, com. pers.) describe el hallazgo de un fósil de *Belemnites* en los mármoles de Majagual, que indicaría una edad Jurásica. Los protolitos del Complejo son probablemente correlacionables con las secuencias sedimentarias Jurásico Superior-Cretácico Superior de margen continental americano del proto-Caribe aflorantes en el Cinturón de Las Placetas-Remedios-Cayo Coco del norte de Cuba.

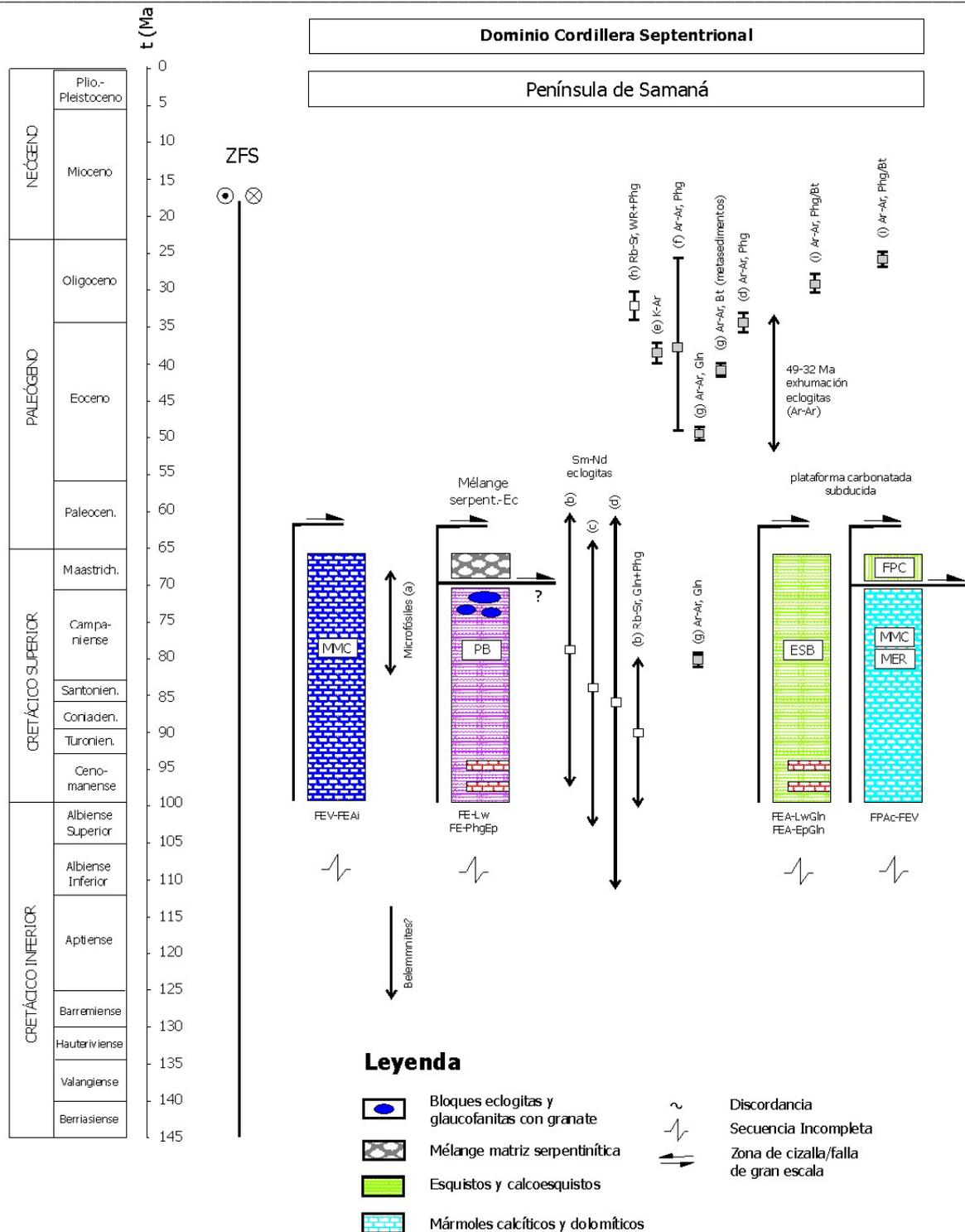


Fig. 1.4.2. Columnas tectonoestratigráficas y tectonometamórficas esquemática de las diferentes unidades que componen el Complejo de Samaná. Las columnas incluyen los datos de edades paleontológicas y geocronológicas. Fuentes; (a) Weaver et al., 1976; (b) Perfit et al., 1982; (c) Joyce, 1991; (d) Escuder-Viruet et al. 2004; (e) Joyce y Aronson, 1987; (f) Catlos y Sorensen, 2003; (g) Escuder-Viruet et al., in prep; (h) Gonçalves et al., 2000; (i) Proyecto Sysmin, 2010.. La escala de tiempo es de Gradstein et al. (2004). Facies metamórficas: FE, eclogitas; FEA, esquistos azules; EV, esquistos verdes; FPAC, Pumpellita-Actinolita: Las edades $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ en el Copmplejo de Samaná muestran las barras de error (en 2). Las abreviaciones para las zonas de falla son: ZFS, Septentrional (tomada de Escuder Vituete, 2010 a)

La historia tectonometamórfica de la unidad de Punta Balandra puede ser establecida con la ayuda de los datos geocronológicos. Joyce y Aronson (1987) obtienen en los esquistos azules edades K-Ar entre 40 y 37 Ma (Eoceno) en las fengitas y entre 120 ± 100 y 125 ± 50 Ma pero muy imprecisas en las glaucofanitas, posiblemente contaminadas por Ar^{40} durante la cristalización. También, Perfit et al (1982) obtienen para las rocas máficas de la unidad de Punta Balandra edades 90 ± 10 Ma mediante el método Rb-Sr en glaucofanitas y fengitas, y de 78 ± 30 Ma mediante el método Sm-Nd en granates y glaucofanitas. Estas edades más antiguas han sido también obtenidas aunque imprecisas por el método Sm-Nd de la isocrona de 84 ± 22 Ma (Joyce 1991) y 86 ± 47 Ma (granate-onfacita-roca total; Escuder-Viruete et al. 2004), sugiriendo que el estadio eclogítico del metamorfismo se formó durante los estadios finales de la subducción de los protolitos máficos en el Cretácico Superior al Eoceno Inferior. Finalmente, Gonçalves et al. (2000) obtienen una isocrona Rb-Sr roca total-fengita de 32 ± 2 Ma en las eclogitas, que interpretan como la edad de la retrogresión a la facies de los esquistos azules durante la exhumación.

La retrogradación y levantamiento de los bloques de eclogitas, que está relacionado con el emplazamiento de la unidad, tuvo lugar durante el Eoceno al Oligoceno Superior, como indican las edades K-Ar en fengitas de 38 ± 2 Ma obtenidas por Joyce y Aronson (1987), y las edades $^{40}Ar/^{39}Ar$ en granos de fengita entre $48,9\pm 3,7$ y $25,5\pm 2,5$ Ma ($n=48$; promedio $37,8\pm 2,6$ Ma con $MSWD=13$) obtenidas por Catlos y Sorensen (2003). En este último caso, las edades sugieren que las eclogitas fueron afectadas por múltiples episodios de metasomatismo de los LILE durante un largo periodo de ~ 25 Ma de interacción fluido-roca. Más recientemente, Escuder-Viruete et al. (2004) obtienen edades de enfriamiento Eoceno Superior-Oligoceno Inferior a partir de plateaux $^{40}Ar/^{39}Ar$ de $35,65\pm 0,73$ Ma en fengitas de eclogitas bandeadas (2JE74) y de $33,68\pm 0,47$ Ma en fengitas de glaucofanitas con granate foliadas (2JE80). Estas edades se corresponden con el enfriamiento de las fengitas ($T < 350-300$ °C) que definen la fábrica S2-L2 milonítica en los esquistos azules, que registra un cizallamiento de techo hacia el ENE/E relacionado con el emplazamiento/exhumación de la unidad de Punta Balandra con eclogitas sobre las otras unidades de alta-P del Complejo de Samaná, dentro de un prisma de acreción-colisión. Adicionalmente, Escuder-Viruete et al. (in prep.) obtienen a partir de plateaux $^{40}Ar/^{39}Ar$ edades Eoceno Inferior para el enfriamiento de las eclogitas ($T < 400$ °C) de $49,91\pm 0,29$ Ma en glaucofanitas (2JE74), Eoceno Medio para el enfriamiento de los metasedimentos semipelíticos de alta-P de $41,69\pm 0,43$ Ma en micas marrones (04JE125, Puerto Viejo), y Eoceno Superior más alto para el enfriamiento de

bordes de esquistos azules en bloques de eclogitas bandeadas de $33,52 \pm 0,96$ Ma en glaucofanas (04JE94). Aunque basada sólo en dos *steps*, la eclogita 2JE80 ha proporcionado edades plateau $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de $80,86 \pm 0,51$ Ma más antiguas para el enfriamiento de glaucofanas.

Estas edades son consistentes con el levantamiento y plegamiento de la cuenca de antearco suprayacente (De Zoeten and Mann 1999), la cual es rellenada con los sedimentos olitostromicos, mélanges de matriz sedimentaria y depósitos turbidíticos marinos de edad Paleoceno?-Eoceno Inferior-Medio de las Fms Imbert, San Marcos y Los Hidalgos. El levantamiento regional produce bloques y clastos de metabasitas y mármoles de alta-P, incorporados a las Fm Imbert y San Marcos, y la sedimentación desde el Eoceno Superior?-Oligoceno al Mioceno Inferior de la potente sucesión turbidítica del Grupo El Mamey (Fm La Toca), dentro de una cuenca elongada de dirección O-NO. Este evento de plegamiento y levantamiento también coincide con el cese del magmatismo relacionado con subducción en el norte de La Española.

2. ESTRATIGRAFIA

El complejo de Samaná y las unidades más recientes que conforman su cobertera están limitados estructuralmente al sur por la prolongación oriental de la zona de falla Septentrional y su afloramiento se interrumpe al norte en la costa Atlántica (Fig. 1.4.1), aunque posiblemente se prolonguen bajo el mar hasta la fosa de La Española-Puerto Rico. Los trabajos de cartografía geológica realizados en la península de Samaná han permitido distinguir cuatro conjuntos litológicos: (1) un complejo metamórfico relacionado con subducción cuya estructura interna consiste en un apilamiento imbricado de láminas, constituidas esencialmente por rocas metasedimentarias mesozoicas de alta-P; (2) un grupo de unidades siliciclásticas de edad Mioceno, que se disponen plegadas y fracturadas discordantes sobre el complejo; (3) un grupo de unidades carbonatadas de edad Mioceno a Pleistoceno, que se disponen volcadas o subhorizontales sobre el complejo; y (4) una conjunto de formaciones superficiales de edad Holoceno. Prácticamente todas las rocas representadas en la península (con la excepción de las más recientes) están deformadas (con mayor o menor intensidad) por un sistema de fallas de desgarre e inversas, relacionadas con el movimiento transcurrente senestro neógeno de la gran zona de falla Septentrional.

En el sector oriental de la península en el que se encuadra la Hoja de Sánchez hay una buena representación de los materiales de cobertera neógenos y cuaternarios, especialmente de las calizas de Los Haitises, y precisamente por la extensión de éstos, el afloramiento de las unidades metamórficas es más restringido y además está limitado a sólo dos de ellas. Las formaciones más recientes del Holoceno tienen un buen desarrollo en la franja litoral de la península pero alcanzar su máxima expresión en la planicie del Gran Estero.

2.1. Complejo Metamórfico de Samaná

Siguiendo Joyce (1985, 1991) y Draper y Nagle (1991), en el complejo metamórfico de Samaná han sido distinguidas cartográficamente de norte a sur, ascendiendo en la secuencia estructural y separada por zonas de falla de gran escala, las siguientes unidades tectonometamórficas (Fig. 1.4.1 y 4.4.3):

- ✓ Unidad de Filitas de Playa Colorado, que incluye filitas, metareniscas, esquistos cloríticos, metacarbonatos y chert.

- ✓ Unidad de Mármoles de El Rincón. Constituida a su vez por una subunidad inferior de mármoles calcíticos claros, masivos y de grano fino a medio; una subunidad intermedia de mármoles calcíticos oscuros, masivos y bandeados, de grano muy fino a fino; y una subunidad superior de mármoles calcíticos claros, bandeados y calcoesquistos.
- ✓ Unidad de Esquistos de Santa Bárbara. Compuesta por micaesquistos, calcoesquistos y cuarzoquistos, con intercalaciones de mármoles calcíticos claros y bandeados.
- ✓ Unidad de Punta Balandra. Constituida por una alternancia de mármoles, calcoesquistos y micaesquistos con granate, con intercalaciones y bloques de eclogitas, esquistos azules con granate, onfacititas y glaucofanitas. A techo se distingue una subunidad de espesor decamétrico, compuesta por una mélange tectónica con bloques de serpentinitas, eclogitas y metasedimentos.
- ✓ Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos. Compuesta por mármoles calcíticos y dolomíticos, masivos y bandeados, calcoesquistos y filitas

Las principales características geológicas de estas unidades quedan recogidas en la Tabla 2.1.1. En la Hoja de Sánchez sólo están representadas las unidades de Esquistos de Santa Bárbara y de Mármoles de Majagual-Los Cacaos. La unidad de Punta Balandra que se sitúa estructuralmente entre estas dos, tiene una morfología lentejona y queda restringida al sector más oriental de la península (Hojas de Santa Bárbara de Samaná y las Galeras). Las otras dos unidades, ocupan las posiciones estructuralmente más bajas del complejo y aunque son relativamente extensas (sobre todo la unidad de El Rincón) su disposición estructural oblicua respecto a la orientación E-O de la península hace que tampoco lleguen a estar representadas en esta Hoja. Es por esta razón que, en gran parte, la definición de la estructura y de las relaciones entre estas unidades, así como el estudio de la evolución tectonometamórfica del complejo, proceden principalmente de las observaciones realizadas en las Hojas contiguas mencionadas, donde su representación es completa.

En el complejo aparecen además varios lentejones decamétricos a hectométricos de peridotitas serpentinizadas y serpentinitas, emplazados tectónicamente a favor de diversas fallas de desgarre que forman parte de la zona de falla Septentrional.

Unidad o Manto	Unidad Tectónica Regional	Metamorfismo Cretácico y Terciario *	Características Litológicas	Comentarios
Unidad Mármol de Majagual-Los Cacaos	Prisma Acrición. Cinturón alta-P. Sedimentos subducidos margen continental Norte América	Facies esquistos verdes inferior transicional a la superior	Mármol calcíticos y dolomíticos, calcoesquistos y filitas	Fósil de <i>Globo truncana</i> de edad Campaniense-Maastrichtiense (Weaver et al. 1976)
Unidad Punta Balandra. Niveles superiores	Prisma Acrición. Cinturón alta-P. Mélange ofiolítica	Facies eclogítica	Mélange de matriz metasedimentaria con bloques de eclogitas y serpentinitas	Estructura interna de mélange. Disrupción dúctil y mezcla de litologías. Intercalaciones de bloques exóticos. Protolitos eclogitas IAT, MORB y BABB
Unidad Punta Balandra	Prisma Acrición. Cinturón alta-P. Sedimentos subducidos margen continental Norte América	Facies esquistos azules superior transicional a la eclogítica	Mármol, calcoesquistos y micaesquistos con granate, con intercalaciones de eclogitas, esquistos azules y glaucofanitas	Estructura interna coherente. Estiramiento extremo. Protolitos eclogitas MORB y BABB
Unidad Esquistos de Santa Bárbara	Prisma Acrición. Cinturón alta-P. Sedimentos subducidos margen continental Norte América	Facies esquistos azules y esquistos azules superior (Ep) en los niveles altos	Micaesquistos, calcoesquistos y cuarzoesquistos, con intercalaciones de mármol	Abundantes intercalaciones mármol hacia la base
Unidad Mármol de El Rincón. Niveles superiores	Prisma Acrición. Cinturón alta-P. Plataforma carbonatada margen Norte América subducida	Facies esquistos verdes superior y esquistos azules	Mármol calcíticos claros, bandeados y calcoesquistos	Secuencia de >3000 m de espesor de mármol relativamente homogéneos.
Unidad Mármol de El Rincón. Niveles intermedios	Prisma Acrición. Cinturón alta-P. Plataforma carbonatada margen Norte América subducida	Facies esquistos verdes superior y esquistos azules	Mármol calcíticos oscuros, masivos y bandeados, de grano muy fino a fino	
Unidad Mármol de El Rincón. Niveles inferiores	Prisma Acrición. Cinturón alta-P. Plataforma carbonatada margen Norte América subducida	Facies esquistos verdes superior y esquistos azules	Mármol calcíticos claros, masivos, de grano fino a medio	
Unidad Filitas de Playa Colorado	Prisma Acrición. Cinturón alta-P. Sedimentos subducidos margen continental Norte América	Facies esquistos verdes inferior transicional a la superior	Filitas, esquistos cloríticos, metacarbonatos y chert	

Nota 1: El metamorfismo se refiere a las condiciones P-T máximas alcanzadas

Nota 2: En la Hoja de Sánchez sólo están representadas las unidades de Mármol de Esquistos de Santa Bárbara y Mármol de Majagual-Los Cacaos

Tabla. 2.1.1. Geología de las unidades estructurales o mantos de la Península de Samaná (tomada de Escuder Vituete, 2010 c)

2.1.1. Peridotitas serpentinizadas y serpentinitas

En tres puntos de la Hoja se han identificado y representado sendos fragmentos de escala decamétrica a hectométrica de peridotitas serpentinizadas y serpentinitas cuyo afloramiento se asocia claramente a la traza de fallas que forman parte del sistema o zona de falla Septentrional (según su denominación en este trabajo). Al menos dos de ellos ya fueron recogidos en la cartografía de Joyce (1983; 1985); uno se atraviesa en la carretera de Las Terrenas a poco de culminar la primera y pronunciada subida desde Sánchez y tiene un reducido y mal afloramiento; el segundo aflora un poco mejor, pero con escasas posibilidades de observación, en un pequeño montículo situado al norte de la carretera principal de Samana, a la altura de Sánchez; y un tercer afloramiento, no representado por Joyce (op. cit.) quizá por sus reducidas dimensiones, se ha identificado también en otro pequeño montículo junto a la primeras casas de Piedra Quemada, en el mismo cruce a La Majagua. Aún se puede citar un cuarto afloramiento, en este caso ya sin posibilidades de representación a la escala del mapa, de un bloque o fragmento de serpentinitas localizado junto a los conglomerados de La Piragua (ver más adelante), del que existen dudas si forma parte de éstos a modo de gran bloque contenido y fragmentado dentro de ellos o si realmente es, como los anteriores, un fragmento aflorante a favor de la misma falla que produce los dos últimos afloramientos mencionados.

En todos los casos la peridotita se presenta intensamente serpentinizada y cizallada por los procesos tectónicos relacionados con su emplazamiento, llegando a desaparecer casi completamente su textura original. El resultado es una roca gris azulada, hasta blanquecina, con abundantes planos de falla y superficies estriadas por cizallamiento que separan bloques alargados de roca original, frecuentemente sigmoidales, de todos los tamaños. Por el elevado grado de alteración es difícil observar la roca fresca que no obstante se suele presentar como una roca oscura, masiva, muy densa y fracturada, formada por la acumulación de fenocristales de tonos verdosos (piroxenos y olivinos) o por texturas porfídicas con fenocristales del mismo tipo dentro de una matriz de grano fino. No se han realizado estudios petrográficos de estas rocas, pero es de esperar composiciones harzburgíticas o dunitas similares a las observadas en diversos afloramientos de la Cordillera Septentrional.

2.1.2. Unidad de Esquistos de Santa Bárbara

La unidad de Esquistos de Santa Bárbara (Joyce, 1991) está compuesta por micaesquistos, calcoesquistos y cuarzoesquistos, con intercalaciones subordinadas de mármoles calcíticos claros y bandeados. Sin embargo, las intercalaciones de mármoles son más abundantes y de mayor potencia hacia el oeste del complejo donde, como es el caso de la Hoja de Sánchez, constituyen tramos de espesores notables, perfectamente diferenciables en la cartografía tanto estructuralmente a base como, principalmente a techo de la unidad. En estas rocas no se observan preservados restos ni de la minerología ni de las texturas de los protolitos, las cuales han sido completamente transpuestas por la deformación y el metamorfismo sincinemático. Todas las rocas poseen una penetrativa fábrica planar (Sp) o plano-linear (Sp-Lp) y han desarrollado asociaciones minerales con carfolita, lawsonita, cloritoide, paragonita, glaucofana y epidota/clinozoisita, aunque con un diferente desarrollo espacial, que indican un metamorfismo sintectónico de alta-P en condiciones de la facies de los esquistos azules con lawsonita a glaucofana (sin granate).

En la Hoja de Sánchez, los Esquistos afloran muy parcialmente bajo la cobertera de calizas de Los Haitises (aunque con mayor extensión de la registrada en anteriores cartografías) a lo largo de una amplia banda situada al norte de la zona de falla de Septentrional y estructuralmente por debajo de la unidad de los Mármoles de Majagual-Los Cacaos. La anchura de esta banda aumenta desde los sectores más orientales de la Hoja de Santa Bárbara de Samaná y pese al mencionado recubrimiento, en la transversal central de Hoja hay un afloramiento casi continuo de la unidad que se sigue más o menos bien a lo largo de la carretera principal desde Ceiba Bonita hasta la propia localidad de Las Terrenas y se puede completar en varios caminos secundarios de salen de La Cañitas, Naranjito, Hoyo de Cacao, La Ceiba; de estos últimos, el camino de Las Cañitas a La Garita, ofrece una relativamente buena exposición de la unidad.

Los contactos estructurales originales con las unidades de Majagual-Los Cacaos y Punta Balandra suprayacentes (ésta última situada inmediatamente por debajo de la anterior y sin representación en esta Hoja) son a favor de cabalgamientos dúctiles, de dirección ONO-ESE a O-E, y con ángulos de buzamiento medios y bajos hacia el SO y S. Sin embargo, según se deduce de la cartografía de las Hojas contiguas, la superficie de cabalgamiento basal de Punta Balandra está plegada y truncada a bajo ángulo por el cabalgamiento de la Unidad de Majagual-Los Cacaos. En la Hoja de Sanchez la disposición de la fábrica principal (Sp) de la

unidad de Esquistos de Santa Bárbara es (casi) invariablemente monoclinal al S y SSO (sólo localmente afectada por algunos pliegues) y éste último contacto con la unidad de Majagual-Los Cacaos está completamente traspuesto por el contacto suvertical más reciente asociado a la zona de falla Septentrional.

En el ámbito de afloramiento de los Esquistos de Santa Bárbara en la Hoja de Sánchez se han distinguido cartográficamente tres asociaciones litológicas: micaesquistos, calcoesquistos y cuarzoesquistos, con intercalaciones de mármoles (2); y mármoles calcíticos foliados, generalmente de tonos claros (3) y una alternancia de metareniscas silíceas, calcoesquistos y mármoles dolomíticos (4). A continuación se procede a la descripción de los aspectos de campo de estas unidades; una detallada descripción petrográfica se puede encontrar en el capítulo 3.

2.1.2.1. Esquistos de Santa Bárbara. Micaesquistos, calcoesquistos y cuarzoesquistos, con intercalaciones de mármoles (2)

Los Esquistos de Santa Bárbara engloban los productos metamórficos de tres tipos composicionales de protolitos principales: pelíticos, mixtos terrígeno-carbonatados y carbonatados. Sin embargo, debido a la intensa deformación y metamorfismo sin-cinemático la textura y mineralogía originales del protolito han sido completamente borradas. Los metasedimentos resultantes son cuarzoesquistos y micaesquistos, calcoesquistos y mármoles calcíticos, respectivamente. Estas litologías metamórficas alternan en la unidad a todas las escalas, desde milimétrica a hectométrica-kilométrica y conforman la unidad cartográfica principal o dominante de la misma. Los mejores afloramientos en esta Hoja, se dan en la parte estructuralmente baja de la unidad, desde Naranjito hasta las Terrenas, precisamente por el acusado predominio de los términos de calcoesquistos. En la parte estructuralmente alta de la unidad los afloramientos son bastante más deficientes por la mayor presencia de micaesquistos y, más localmente, cuarzoesquistos.

En general, los términos de calcoesquistos son de color gris claro, de grano medio a fino, y están caracterizados por una penetrativa fábrica preferentemente planar (Sp) y o plano-linear (Sp-Lp) que produce un microbandeado composicional. Este bandeado composicional está definido por una alternancia milimétrica de capas alternativamente ricas en calcita y micas (fengíticas y cloríticas) con cuarzo subordinado. A la escala de muestra de mano se observan frecuentemente porfiroblastos de tamaños milimétricos de lawsonita, esfena, albita, epidota y

pirita, generalmente elongados paralelamente a la lineación de estiramiento y/o mineral, que está bien marcada sobre la Sp por la alineación de las micas y la calcita.

En la mitad superior de la serie es más habitual la alternancia de los términos de calcoesquistos con micaesquistos (por lo general muy alterados) y más raramente cuarzoesquistos, que en su conjunto presentan un aspecto satinado y una fábrica plano-linear con la componente linear más marcada. En muestra de mano se reconoce una fábrica de tipo SC, probablemente milonítica, con porfiroblastos de cuarzo y feldespatos; sobre los planos de la Sp la lineación mineral viene definida por la elongación y alineamiento de micas, cuarzo y calcita.

2.1.2.2. Esquistos de Santa Bárbara. Mármoles calcíticos foliados, generalmente de tonos claros (3)

Los Esquistos de Santa Bárbara poseen frecuentemente intercalaciones de mármoles, las cuales aumentan en potencia tanto hacia la base estructural de la unidad como, en el caso de la Hoja de Sánchez, preferentemente hacia el techo, y han podido ser cartografiados en una unidad separada de la anterior (unidad N° 3). En la parte baja de la unidad las intercalaciones de mármoles se han cartografiado al este de Las Terrenas en tres niveles con una potencia de varias decenas de metros. En la parte alta de la unidad los mármoles constituyen dos tramos de notable espesor (estructural), especialmente el más bajo, que supera los 1000 m. Debido a su aprovechamiento para áridos, los mejores afloramientos se localizan en diversas canteras. De no ser así, los afloramientos son de mala calidad por el frecuente desarrollo en esta unidad de procesos kársticos circunstancia que en cartografías anteriores ha propiciado que se confundiera con las calizas de los Haitises.

Los mármoles constituyen metasedimentos carbonatados muy puros, con muy escasas intercalaciones submilimétricas de terrígenos opacos de grano muy fino, posiblemente como interestratos heredados de la estratificación So original. Los mármoles son de grano medio, tonos blanco-grisáceos claros, con desarrollo de una intensa fábrica planar (Sp) o plano-linear (Sp-Lp). Dicha fábrica está definida por la elongación dimensional preferente del agregado de granos de calcita. Texturalmente los mármoles pueden ser masivos o desarrollar un bandeo de alternancia de horizontes de tonos blanco-grisáceos claros y grises oscuros. En la parte baja de la unidad, los mármoles cartografiados al este de Las Terrenas son de tonos más oscuros, grano más grueso, probablemente por una intensa recristalización, y un aspecto más

masivo, con menor desarrollo, a simple vista, de la fábrica deformativa, que sin embargo se sigue reconociendo en bien en lámina delgada.

2.1.2.3. Esquistos de Santa Bárbara. Alternancia de metareniscas silíceas, calcoesquistos y mármoles dolomíticos (4)

Coincidiendo con las observaciones de Joyce (1991), en un sector de la costa al oeste de Las Terrenas se ha cartografiado una unidad que se diferencia de las anteriormente descritas, aparte de su litología, por presentar menor grado de deformación, pudiéndose reconocer vestigios de un posible bandeo o estatificación composicional original. Coincide, al menos en parte, con la Zona I de menor grado metamórfico definida por este autor. El afloramiento de la unidad se restringe prácticamente a la Punta Caño del Jobo al oeste de Playa Bonita

La unidad consiste en una alternancia, de tonos oscuros en general, de metareniscas silíceas, calcoesquistos y mármoles dolomíticos. Los calcoesquistos acusan el mayor grado de deformación en la unidad con presencia de una fábrica principal planar (Sp) que engloba pliegues intrafoliares. Sobre el plano de la esquistosidad principal se observa una lineación mineral marcada por el estiramiento o alineación de calcita y micas. Los calcoesquistos alternan o se intercalan en una secuencia de metaareniscas silíceas organizada en capas decimétricas, en las que localmente se preserva una laminación o estratificación original. En algún nivel microconglomerático se ha observado una posible granoclasificación positiva. Joyce (1991) cita en estos niveles fragmentos de foraminíferos, gasterópodos, espinas de equinodermos y artejos de crinoides. La secuencia se completa con niveles centimétricos de dolomías microcristalinas y de intervalos métricos de mármoles dolomíticos.

2.1.3. Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos

La Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos está compuesta por mármoles calcíticos y dolomíticos, masivos y bandeados, calcoesquistos y filitas (unidad N° 5). Joyce (1991) describe la Unidad de Majagual como el conjunto de mármoles aflorantes al oeste de la localidad de Santa Bárbara de Samaná. Los nuevos trabajos cartográficos realizados en la contigua Hoja con este nombre han permitido reconocer, además, una asociación de mármoles y calco-esquistos grises de grano fino, situados estructuralmente sobre la Unidad Punta Balandra, en el área situada al este de dicha localidad. Estos mármoles y calco-esquistos constituyen una unidad de menor grado metamórfico, estructuralmente superpuesta

a la Unidad de Punta Balandra a nivel de las milonitas basales aflorantes en la playa de Los Cacaos. La unidad aflora discontinuamente a lo largo de toda la costa meridional de la península, incluyendo los afloramientos de mármoles aflorantes en los barrios del norte de Santa Bárbara de Samaná, hasta prácticamente enlazar con los Mármoles de Majagual en las inmediaciones de Majagualito, por lo que se ha denominado de Majagual-Los Cacaos.

La Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos se sitúa estructuralmente tanto sobre la Unidad de Punta Balandra como la Unidad de Esquistos de Santa Bárbara. En general, se observa un marcado contraste en el tipo y condiciones de deformación, así como en el metamorfismo con los Esquistos de Santa Bárbara, estructuralmente infrayacentes. En esta unidad, tanto el grado de deformación como la recristalización metamórfica sincinemática son muy intensos y han obliterado tanto la minerología como las texturas de los protolitos. Las asociaciones minerales en las filitas con mica marrón, mica blanca, esfena y albita indican un metamorfismo entre las facies de subesquistos verdes y la transición esquistos verdes a azules.

En la Hoja de Sánchez la unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos aflora en una banda de dirección E-O y unos 2-3 km de anchura situada en la posición más meridional del complejo de Samaná. En esta Hoja el contacto con la unidad de esquistos de Santa Bárbara se realiza mediante un sistema reciente (neógeno o más tardío) de fallas subverticales de desgarre (e inversas) asociadas a la zona de falla Septentrional, de forma que el contacto original con esta última unidad no es reconocible. Dentro de la mencionada banda meridional, la unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos dibuja una estructura anticlinal post-Sp (de fase D3 o más tardía) que permite el afloramiento en su parte más oriental, de una asociación litológica infrayacente formada por esquistos pelíticos y filitas, micaesquistos y cuarzoesquistos (unidad N° 6) que, de manera tentativa, se ha incluido en la misma unidad de Majagual-Los Cacaos sin que se deba descartar su pertenencia a la unidad de Esquistos de Santa Bárbara.

2.1.3.1. Mármoles de Majagual-Los Cacaos. Mármoles calcíticos y dolomíticos (localmente foliados), calizas marmóreas, calcoesquistos y filitas (5)

Constituye el término principal de la unidad en la Hoja de Sánchez. Aflora en las carreteras de Majagual (de donde toma el nombre la unidad) y de Las Terrenas, y en algunas canteras en explotación al oeste de Sánchez, como una unidad masiva, alterada y karstificada en

superficie en la que por estas razones y por la intensa fracturación, no es fácil tener una exposición de calidad. Está constituida principalmente por mármoles calcíticos y dolómicos en los que normalmente es reconocible una foliación en forma de bandeo composicional, que coexisten, a veces en un corto espacio, con términos menos deformados de calizas marmóreas; los calcoesquistos y sobre todo, las filitas aparecen en pequeñas intercalaciones o niveles delgados como términos subordinados de los anteriores.

Los términos dominantes de mármoles calcíticos y dolómicos deformados suelen alternar con niveles de calcoesquistos; ambos tipos litológicos presentan grano fino, colores gris-claro a gris-beige oscuro y una estructura bandeada a microbandeada composicional definida por una fábrica planar (Sp) o más raramente, plano-linear (Sp-Lp). Frecuentemente, los niveles de calco-esquistos exhiben porfiroblastos y porfiroclastos de agregados minerales de composición cuarzo-albítica, así como cubos de pirita milimétricos con sombras de presión. En estos términos, las texturas y mineralogías originales del protolito, (una roca sedimentaria esencialmente carbonatada), han sido completamente borradas como consecuencia de la deformación y el metamorfismo (grado de los subesquistos verdes) sin-cinemático.

En los términos menos deformados de calizas marmóreas la roca se presenta a medio camino entre una caliza recristalizada y un mármol de grano muy fino, de tonos pardo-grisáceos claros. En estos casos no se observa una fábrica planar o plano linear penetrativa, pero sí el desarrollo muy intenso de microfisuras y grietas de extensión rellenas de calcita drúsica. Estos términos menos deformados afloran en una cantera activa situada unos 2-3 km al oeste de Sánchez formando una pequeña estructura anticlinal y en ellos se ha reconocido una estratificación original formada por bancos de calizas de orden métrico y niveles centimétricos de filitas, y una clivaje subvertical (refractado en los niveles competentes) asociado al plano axial (D3?) del citado pliegue. En estos términos el grado de metamorfismo es anquimetamófico.

2.1.3.2. Mármoles de Majagual-Los Cacaos. Esquistos pelíticos y filitas, micaesquistos y cuarzoesquistos (6)

Este conjunto litológico aflora estructuralmente por debajo de la unidad descrita en el epígrafe anterior, exclusivamente en el núcleo de un anticlinal o antiforma situado al este de Sánchez, más concretamente entre las carreteras de Las Terrenas y de La Majagua, al sur

de las lomas La Manga y Cuesta Mala. Al afloramiento se accede bien a pie desde Las Garitas, por el camino que lleva a Cabeza de Toro y Las Cañitas.

En el afloramiento citado la unidad está formada por esquistos pelíticos, filitas y micaesquistos con niveles de cuarzoesquistos. En su mayoría son rocas ricas en cuarzo, de esquistosas a filíticas, de grano fino y tonos blanco-gris claros. Presentan una intensa fábrica planar (Sp) más raramente plano-linear (Sp-Lp), que produce un bandeo composicional de alternancia de niveles ricos en cuarzo con otros ricos en micas. La lineación mineral está muy marcada sobre el plano de la Sp por la alineación de micas (cloritas, oscuras por alteración) y cuarzo, generalmente según la dirección de buzamiento de ésta. Hay intervalos métricos mayoritariamente formados por micaesquistos y algunos niveles de cuarzo esquistos, éstos con una acusada fábrica Lp-Sp. No se han reconocido niveles de calcoesquistos. Hacia el techo (estructural) de la unidad se han observado varias intercalaciones de mármoles, en apariencia similares a los mármoles de Majagual suprayacentes, por lo que se ha interpretado que se puede tratar de un contacto transicional con éstos. Por encima, los mármoles de Majagual, se presentan también muy deformados con el mismo tipo de foliación composicional (Sp) descrita en el epígrafe anterior. En todo el afloramiento es bien perceptible una fábrica o clivaje subvertical (Sp+1), sobre impuesto a la fábrica principal (Sp), que es subparalela al plano axial de pliegues menores consistentes con la estructura antiformal de orden kilométrico cartografiada.

Por su peculiar asociación litológica y el supuesto contacto transicional a la unidad de Mármoles de Majagual suprayacente, este conjunto se ha asignado a la unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos, sin embargo, a tenor de su mayor grado metamórfico (tránsito esquistos verdes-esquistos azules) no se descarta que sean unas facies particulares, muy pelíticas (y sin calcoesquistos) de la unidad de Esquistos de Santa Bárbara (correlacionables con la parte más alta de unidad N° 2).

2.2. Cobertera Terciaria y Cuaternaria

Discordante sobre el complejo metamórfico de Samaná se depositaron facies carbonatadas y siliciclásticas de edad miocena, miocena-pleistocena y holocena. La península de Samaná está localizada dentro del límite de placas activo norcaribeño, entre el borde occidental de la fosa de Puerto Rico y la Zona de Falla Septentrional. Como consecuencia, las rocas de la cobertera terciario-cuaternaria han sido deformadas en condiciones frágiles y de forma heterogénea. La deformación de los sedimentos neógenos y pleistocenos a lo largo de la franja más meridional de la península y de la costa septentrional de la bahía de Samaná por la zona de Falla Septentrional y el consiguiente levantamiento de las calizas arrecifales de los Haitises hasta las cotas actuales (> 500m) sugiere que la actividad de la falla se ha prolongado desde, al menos, el Mioceno Superior hasta la actualidad. De hecho, una gran parte de los contactos entre el complejo metamórfico y las rocas sedimentarias de la cobertera es tectónico.

Las unidades de la cobertera sedimentaria representadas en la Hoja de Sánchez se pueden agrupar en varios conjuntos:

- ✓ La unidad más antigua (Mioceno Medio), así considerada por correlación con depósitos similares descritos en la Cordillera Septentrional, exclusivamente aflorante (respecto al resto de la península) y de manera muy puntal en el extremo NO de esta Hoja, son los conglomerados de La Piragua (unidad cartográfica N° 7), que contienen bloques exóticos de rocas metamórficas muy probablemente heredadas del complejo Río San Juan.
- ✓ La mayor parte de la sierra de Samaná está recubierta por la formación con mejor y más extensa representación de toda la Hoja: las calizas de Los Haitises (8), de edad Mioceno Superior-Pleistoceno; está constituida por calizas y calizas margosas bioclásticas, en ocasiones muy ricas en corales, interpretadas en conjunto como depositadas en diferentes ambientes de rampa carbonata, con desarrollo de parches de corales en sus zonas de rampa interna protegida y media.
- ✓ Con una edad en conjunto equivalente a la de la Fm Los Haitises pero asociadas a la estrecha banda litoral que se localiza al pie de la vertiente sur de la sierra de Samaná, afloran, por orden estratigráfico ascendente e indudables relaciones

laterales entre ellas, las unidades de brechas de Majagual (9), conglomerados de Samaná (10), la Fm Las Canoas (11 y 12) y la Fm Sánchez (14). Las dos primeras son unidades relacionadas, netamente continentales, la primera más proximal y la segunda más distal, depositadas al pie de la sierra como consecuencia del levantamiento de ésta. La Fm Las Canoas tiene facies en parte similares a algunas identificadas en la Fm Los Haitises; en la base intercala niveles de los conglomerados de Samaná y hacia techo evoluciona a las facies deltaicas o continentales de la Fm Sánchez; formada por lutitas y arenas muy ricas en materia orgánica, con tramos de acumulación de lignito que han sido objeto de investigación para su posible explotación.

- ✓ En el extremo occidental de la Hoja hay dos reducidos afloramientos de una unidad de indudable origen continental bien reconocida en los sectores más próximos de la Cordillera Septentrional como arcillas del Río Boba (15). Se supone que esta unidad puede ser coetánea con las terrazas más antiguas (pleistocenas) de corales (aflorantes en algunas localidades costeras de la isla) que pueden integrarse dentro de la Fm. Isabela y se interpretan como facies bioconstruidas de armazón arrecifal
- ✓ Por último las formaciones más recientes del Holoceno se pueden separar en los depósitos marinos y litorales que orlan la península de Samaná y las bahías Escocesa y de Samaná; y los depósitos continentales que fundamentalmente se pueden agrupar en dos conjuntos: los abanicos aluviales dispuestos al pie de ambas vertientes de la sierra de Samaná; y los depósitos endorreicos, de áreas pantanosas o de llanura de la inundación del río Yuna, que rellenan la planicie del Gran Estero.

2.2.1. Mioceno Medio

Se describe bajo este epígrafe una unidad de difícil adscripción por cuanto se ha reconocido sólo en un pequeño y aislado afloramiento de poca calidad en el sector de El Catey–La Majagua asociado a la zona de falla Septentrional, en el que no es posible observar las relaciones o contactos estratigráficos originales con las formaciones contiguas. No obstante, su peculiar litología, muy similar a la particular Fm La Piragua de la Cordillera Septentrional sugiere su correlación con ésta.

2.2.1.1. Conglomerados de la Piragua. Conglomerados de cantos y bolos de rocas ígneas y metamórficas (7). Mioceno Medio (N_1^2)

Esta unidad aflora exclusivamente en un estrecho espacio a lo largo del camino que lleva desde el cruce de Piedra Quemada hasta La Majagua y por su importancia, para su representación en el mapa, figura ligeramente exagerada. Se trata de unos conglomerados o brechas de fragmentos, cantos y bolos (muy alterados) de peridotita serpentizada y rocas metamórficas), englobados en una abundante matriz arcilloso-arenosa de tonos rojizos a blacuzcos muy característicos. Los fragmentos y bolos de serpentinita son los más abundantes y su tamaño oscila habitualmente entre 1 y 10 cm. No obstante, también se ha identificado un bloque de esta litología de varios metros de longitud, fuertemente estriado, del que se desconoce si está inmerso en el propio conglomerado o aflora a favor de la falla o fallas (de la zona de falla Septentrional) que delimitan el afloramiento de esta unidad. Los cantos y bolos de rocas metamórficas son redondeados o subredondeados y con diámetros medios de 3 a 10 cm. La matriz arcillosa del conglomerado se encuentra heterogéneamente cizallada y esquistosada por su proximidad a la zona de falla.

Entre los bolos de rocas metamórficas que incluye el conglomerado se han identificado fundamentalmente anfibolitas con epidota, anfibolitas con granate y barrowsita u hornblenda, estas últimas posiblemente retrogradadas de eclogitas y no se excluye la presencia de alguna roca ígnea, grabroide o diorítica. Por exceder los objetivos del trabajo, el muestreo realizado no ha sido exhaustivo, y tampoco se sabe si hubiera servido para discriminar la procedencia de estas rocas, que pueden tener dos orígenes más inmediatos: el propio complejo metamórfico de Samaná; y el complejo de Río San Juan. En este sentido, las rocas similares más próximas del complejo de Samaná están en el otro extremo de la península, casi tan alejadas como las equivalentes del complejo de Río San Juan. En cualquier caso, sin ninguna posibilidad de datación ni tampoco de confusión o correlación con los conglomerados de Samaná, se ha interpretado que la posición de este conglomerado sería equivalente al del conglomerado de La Piragua de la Cordillera Septentrional con el que guarda gran apariencia y un contenido similar en bloques. En el complejo del Río San Juan, el conglomerado de la Piragua aflora discordante y de modo discontinuo en una franja periférica sobre el substrato ígneo o metamórfico.

2.2.2. Mioceno Superior-Pleistoceno. Las calizas de plataforma y facies asociada de la Fm Los Haitises.

En el Mioceno Superior, los sectores septentrionales y orientales del actual territorio dominicano fueron invadidos por una amplia transgresión marina que propició el depósito de un conjunto de materiales de diversas litologías entre las que predominan las calizas formadas en ambientes marinos someros. Estas calizas cambian lateralmente de facies a margas, arcillas, arenas y conglomerados hacia zonas más proximales (hacia tierra en los ambientes de depósito originales) y a margas con intercalaciones de sedimentos de flujos gravitatorios (turbiditas y flujos de masa) de naturaleza calcárea hacia zonas más distales y profundas. Esta diversidad litológica ha condicionado que se hayan establecido formaciones con nombres diferentes para materiales que pasan de unos a otros lateral y verticalmente y que, por tanto, a grandes rasgos son temporalmente equivalentes. De modo general, puede decirse que corresponden a los materiales incluidos en las formaciones Los Haitises, Cevicos, y Yanigua en el entorno de la Cordillera Oriental y a la Fm. Villa Trina y (calizas asociadas) en la Cordillera Septentrional.

Estos depósitos tienen una enorme extensión y, como una inmensa orla discontinua, rodean buena parte del litoral de la República Dominicana en el norte, este y sureste. Afloran a lo largo de muchos kilómetros cuadrados en la Cordillera Septentrional, la Península de Samaná y la vertiente norte de la Cordillera Oriental. La facies dominante y más características, son las calizas de ambientes someros; su modelado cárstico ha generado uno de los paisajes más llamativos del país y da el nombre a la formación que las contiene (junto con otras facies subordinadas): la Fm Los Haitises.

2.2.2.1. Fm. Los Haitises. Calizas arrecifales, calizas bioclásticas y niveles de margas y margocalizas fosilíferas de tonos amarillentos (31). Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior (N_1^3 - Q_1)

En la Hoja de Sánchez, esta formación aflora con gran profusión recubriendo la mayor parte del macizo metamórfico de Samaná mediante un contacto originalmente discordante. Sin embargo una buena parte de los contactos con los materiales metamórficos infrayacentes han sido retocados por la tectónica de desgarres (o relacionada) y en la actualidad son contactos por falla. Este es el caso del límite meridional de la formación con la unidad de Esquistos de Santa Bárbara, al este, y de Majagual-Los Cacaos, al oeste, que viene definido por las trazas

de varias fallas asociadas a la zona de falla Septentrional. Como consecuencia de la actividad tectónica, las calizas de los Haitises resultan intensamente fracturadas; a ello hay que añadir la intensa carstificación característica de la formación. Estas circunstancias hacen que las posibilidades de afloramiento sean escasas, salvo en canteras, que son relativamente abundantes en la Hoja y es de donde proceden la mayor parte de las observaciones realizadas en ella. Las descripciones que se presentan a continuación son un resumen de dichas observaciones que se incluyen, junto con otras realizadas en el resto de la isla, en el Informe específico sobre las *Formaciones Arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana*, realizado en el contexto de este proyecto (Braga, 2010)

En la península de Samaná, la Fm Los Haitises está formada por un conjunto litológico de calizas arrecifales, calizas bioclásticas, calizas margosas y margas que alcanza un espesor (conservado) de 100 a 250 m. Dentro de este conjunto se han identificado las siguientes facies:

- ❖ *Calizas margosas*. Afloran extensamente al SE de la Hoja en el sector de Lomo Blandito, y en tramos de poco espesor en la cantera del cruce del camino de Cosón, en la salida hacia el sur de Las Terrenas (1918340/6932920) y en la cantera del camino de Cosón a la Ceiba (1918360/6933090)
- ❖ *Calizas micríticas laminadas (laminitas.)* Son depósitos en los que alternan, en láminas milimétricas (y sub-milimétricas), micritas y calcarenitas de bioclastos finos embebidos en una matriz micrítica. Las láminas están agrupadas en capas finas tabulares (plano-paralelas) de unos pocos centímetros de espesor o definen domos de bajo relieve, es decir forman domos estromatolíticos. Esta facies sólo se ha reconocido en afloramientos de la península de Samaná siempre en niveles de poco espesor, de apenas unos decímetros a poco más de un metro. El mejor ejemplo está en un camino de las obras de una urbanización en la zona del Baño del Caballo (1917340/6935250). Este tipo de depósitos son característicos de medios intermareales a supramareales frecuentemente inundados, siempre en zonas de baja energía.
- ❖ *Calcarenitas bioclásticas*. En la cantera del camino de Cosón a la Ceiba (1918360/6933090) se observan calcarenitas con estratificaciones cruzadas de dimensiones reducidas (decímetros de longitud de onda/centímetros de amplitud), con un espesor de 2 m. También aparece esta facies, con unos pocos metros de potencia,

intercalada con los armazones de colonias masivas en la cantera baja de Majagua (1916110/6942650).

- ❖ Construcciones de corales. En toda la formación están bien representadas las construcciones de corales masivos. En la cantera baja de Majagua (1916110/6942650) se suceden en la vertical armazones de colonias de *Porites* en domos o tabulares y alguna ramosa, con cabezos de *Montastrea* y *Diploria* dispersos, y potencias de hasta 15 m. Estos armazones intercalan calcarenitas bioclásticas y acumulaciones de corales ramosos, en este caso también de *Porites* (*P. divaricata*). En la cantera del cruce del camino de Cosón, la corta permitía observar un armazón de pequeñas dimensiones (2,5 m de altura por unos 20 m de anchura) rodeado de acumulaciones de corales ramosos y de laminares. También se pueden observar acumulaciones potentes (varios metros) de corales ramosos (*Stylophora?* y *Porites*) en la cantera del camino de Cosón a la Ceiba. Las construcciones de corales laminares están bien representadas en la antes mencionada cantera del cruce del camino de Cosón y al final del camino de Cosón.

- ❖ Calcarenitas, calciruditas y brechas bioclásticas. Se trata de depósitos heterométricos, mal seleccionados, en los que fragmentos de coral centimétricos a decimétricos y, en mucha menor proporción, de moluscos y algas rojas, se encuentran en un sedimento calcarenítico con micrita entre los bioclastos ("packstones" medios a gruesos) o en calciruditas ("rudstones"). La concentración de los fragmentos bioclásticos grandes cambia repetidamente vertical y lateralmente. Cuando las condiciones de afloramiento lo permiten, puede observarse que los fragmentos grandes se concentran sobre superficies erosivas internas canalizadas, formando lentejones con continuidad lateral de metros a decenas de metros. Los fragmentos de coral que más resaltan pertenecen a colonias masivas de *Porites* y *Montastrea*, pero también pueden reconocerse fragmentos de colonias ramosas. Entre los bivalvos, destacan los fragmentos de ostreidos y pectínidos, pero se ven moldes de bivalvos infáunicos aragoníticos y del gasterópodo *Strombus*. Fragmentos de coral, moluscos, foraminíferos, equinodermos, algas rojas y briozoos son los componentes reconocibles del sedimento calcarenítico/calcirudítico. Este tipo de facies está bien representada en los 15 m inferiores de la sección que aflora en la cantera del cruce del camino de Cosón, en la salida hacia el sur de Las Terrenas (1918340/6932920) y en la cantera del Baño del Caballo (1917460/6935130), junto al acceso a las obras de una urbanización. La composición de los clastos, la escasa selección de su tamaño y la presencia de incisiones erosivas rellenas con concentraciones de los fragmentos de mayor

tamaño, permiten interpretar que estos depósitos se formaron en zonas de la plataforma expuestas a alta turbulencia episódica. Es decir, son el resultado de tormentas que destruían las construcciones de coral y removían el sedimento ya depositado, excavando superficies canalizadas que luego se rellenaron por los materiales previamente rotos y movilizadas, con una cierta gradación de tamaños (positiva, de mayor a menor tamaño), todo ello aguas afuera y pendiente debajo de las zonas ocupadas por las construcciones arrecifales.

De la interpretación de las facies y sus relaciones espaciales descritas, y su posición con respecto al sustrato pre-neógeno, se puede deducir que sobre el sustrato metamórfico, y probablemente rodeando algunos promontorios emergidos, se instaló directamente una plataforma carbonatada (Fig. 2.2.1). En las áreas más internas de ésta, se depositaron barros calcáreos, con alguna influencia de arcillas en suspensión, todo ello con muy baja turbulencia. En estas facies proliferaron moluscos y parches de corales dispersos de poca entidad. En las zonas intermareales/supramareales se formaron localmente laminitas y domos estromatolíticos. Las facies finas calcáreas pasaban gradualmente, hacia el mar, a calcarenitas bioclásticas, que, al menos localmente formaron pequeñas dunas subacuáticas. Entre estas dunas y, tal vez, más hacia mar abierto se desarrollaron arrecifes formados fundamentalmente por armazones de Porites y otros corales masivos. Estos arrecifes fueron, probablemente, la barrera que protegió la parte interna de la plataforma. En las zonas de menor energía, en el entorno de la barrera hacia tierra, crecieron corales laminares y tanto hacia tierra como hacia el mar, "campos" de corales ramosos. Aguas afuera de los arrecifes se acumularon calciruditas y calcarenitas con fragmentos de coral, producto de la destrucción de las construcciones y de la removilización de sedimento, con una cierta segregación de tamaño, pendiente abajo.

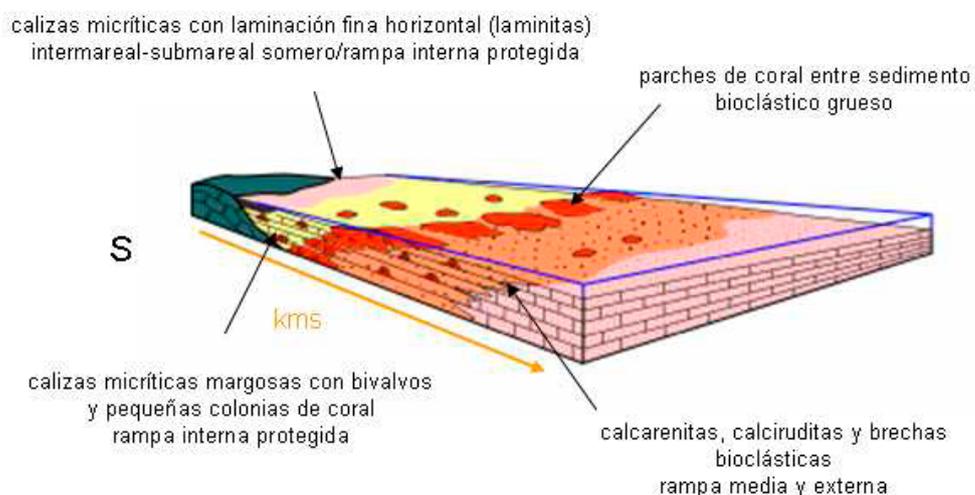


Figura 2.2.1. Modelo sedimentario para las calizas de plataforma y sedimentos asociados del Plioceno-Pleistoceno inferior en la península de Samaná

En la península de Samaná, una columna sintética a partir de los afloramientos que proporcionan las canteras situadas al sur y al oeste de Las Terrenas (Fig. 2.2.3), permite suponer la existencia de al menos tres ciclos sedimentarios de una cierta entidad. Lo que se puede observar del primero, en la cantera del cruce del camino de Cosón (1918340/6932920), es un dispositivo regresivo desde brechas bioclásticas de frente arrecifal a calizas con moluscos que culminan en un paleosuelo. En esta misma sección se puede apreciar un inicio transgresivo del siguiente ciclo, con el cambio en vertical de laminitas y calizas con moluscos a construcciones arrecifales. Con algunas variaciones, se ve una evolución similar en la cantera del camino de Cosón a la Ceiba (1918360/6933090), en que se pasa verticalmente de acumulaciones de corales ramosos a calizas con moluscos también coronadas por un paleosuelo. Aquí, el siguiente ciclo se inicia con calizas con moluscos, intercaladas con facies de corales laminares que pasan a calcarenitas con estratificaciones cruzadas. El final de este segundo ciclo y el inicio de un tercero se pueden reconocer en los caminos de un proyecto de urbanización en la zona del Baño del Caballo (1917340/6935250), donde una sucesión de brechas bioclásticas y construcciones de corales masivos se ven interrumpidas por una superficie neta de erosión. Esta sucesión de facies sugiere un ciclo transgresivoregresivo. Sobre la superficie de erosión descansan laminitas, que dan paso a corales laminares. Más arriba en la urbanización afloran calciruditas y brechas bioclásticas que se disponen sobre

calcarenitas. Esta superposición de facies puede corresponder a un nuevo ciclo transgresivo-regresivo, pero es difícil de asegurar, dada la precariedad de las relaciones estratigráficas que se pueden establecer entre los distintos afloramientos.

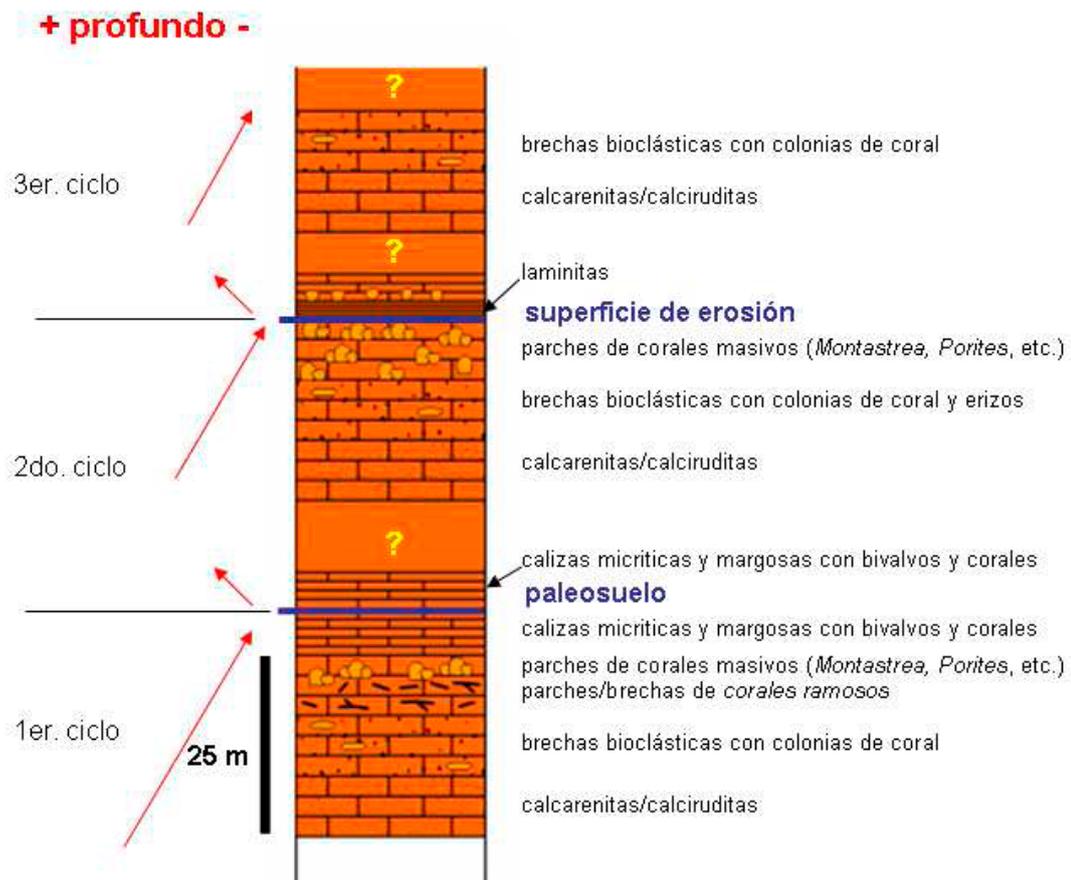


Figura 2.2.3. Columna sintética de los depósitos de plataforma en la península de Samaná a partir de observaciones al oeste de Las Terrenas. De acuerdo con el modelo sedimentario propuesto, se pueden reconocer tres ciclos sedimentarios (flechas rojas) transgresivo-regresivos, aunque por falta de observaciones son muy hipotéticos.

Edad La edad de la formación no se ha podido determinar de manera directa por la ausencia de fósiles con valor bioestratigráfico. Sin embargo, por correlación regional con los sectores donde se sitúa por encima de la Fm. Villa Trina, se estima que la base de la unidad se sitúa en el Mioceno Superior o Plioceno y que la parte alta se puede prolongar hasta el Pleistoceno Inferior.

2.2.3. Mioceno Superior-Pleistoceno. Las unidades sedimentarias del borde meridional de la sierra de Samaná

En la vertiente meridional de la sierra de Samaná, al oeste de Sánchez y entre Sánchez y Santa Bárbara de Samaná aflora un grupo de unidades sedimentarias que en su conjunto conforman un ciclo transgresivo-regresivo muy vinculado con el levantamiento de la península. Ninguna de las unidades ha podido ser datada por lo que el intervalo de ocurrencia del ciclo es estimado y se considera globalmente similar al de la Fm Los Haitises, respecto a la cual se encuentran desconectadas por la zona de falla Septentrional.

El ciclo comienza por unas unidades brechoides (brechas de Majagual) o conglomeráticas (conglomerados de Samaná) que afloran adosadas a las laderas de la sierra de Samaná y son el producto de la denudación de ésta como resultado de su levantamiento. La Fm Las Canoas, aflora exclusivamente al oeste de Sánchez y supone un episodio marino de ambientes someros restringidos (arrecifales), desarrollado por encima, y en parte coetáneo, con el anterior, en una cuenca marina (quizá abierta al NE) situada al pie de estos relieves emergentes. Por encima y lateralmente hacia el oeste (desde Sánchez hasta Santa Bárbara) se depositó la Fm Sanchez con un alto contenido en materia orgánica, frecuentemente carbonosa, en unos ambientes deltaicos con tendencia a la continentalización hacia techo.

2.2.3.1. Brechas de Majagual. Brechas monomíticas de bloques y cantos de rocas metamórficas, casi exclusivamente mármoles (9). Mioceno Superior-Plioceno (N_1^3 - N_2)

Esta es una unidad de nueva denominación que probablemente en trabajos anteriores se ha podido incluir, al menos parcialmente, dentro de la unidad de conglomerados de Samana (ver epígrafe siguiente) o también ha podido pasar desapercibida al confundirse, enmascarada por la abundante vegetación, con el sustrato sobre el que reposa y del que procede, los mármoles de la unidad de Majagual-Los Cacaos. Su identificación en este trabajo y separación en unidad aparte se ha visto facilitada por la explotación de varias canteras de grandes dimensiones al oeste de Sánchez, que han permitido observar el verdadero desarrollo de la unidad a lo largo de la vertiente meridional de la sierra de Samaná, especialmente en el mencionado sector al oeste de Sánchez. Aquí, las brechas afloran adosadas mediante contacto discordante a su sustrato de mármoles, con un espesor que es difícil de calcular por los efectos de la pendiente deposicional pero que debe rondar los 500 m, y se sitúan estratigráficamente por debajo de la Fm Las Canoas o de los conglomerados de Samana,

unidad esta última con las que también mantiene unas relaciones de cambio lateral. Al este de Sánchez presentan menor espesor al estar en parte sustituidas por los conglomerados de Samaná, pero todavía se reconocen debajo de éstos en la transversal de Majagual o del arroyo de Punta Gorda.

Las brechas de Majagual están formadas por bloques de todos los tamaños, preferentemente entre varios centímetros a varios metros, de rocas metamórficas en su mayoría (>95%) procedentes de la unidad de Mármoles de Majagual, que pueden ser clasto-soportados o estar englobados por una, en general escasa (<25-30%), matriz microconglomerática o arenosa de la misma composición, variablemente cementada. Con unos bloques casi siempre angulosos o subangulosos, la unidad tiene un aspecto muy masivo y por lo general no se observan ni superficies de estratificación ni estratificaciones groseras. No obstante en la cantera del Cruce de La Majagua se han observado, dentro del conjunto esencialmente brechoide, algunos intervalos más organizados, con bloques (bolos) subredondeados o redondeados que recuerdan las facies más proximales de los conglomerados de Samaná observados en otros puntos de la Hoja.

La unidad de brechas de Majagual no se puede datar por métodos directos, pero de forma indirecta, por su posición en la base del ciclo de unidades que afloran en la vertiente meridional de la sierra de Samaná, se asigna al intervalo Mioceno Superior-Plioceno, sin mayor precisión. La unidad se interpreta, de manera similar a los conglomerados de Samaná (ver a continuación) como producto más proximal de la denudación de la sierra de la sierra de Samaná como consecuencia de su levantamiento.

2.2.3.2. Conglomerados de Samaná. Conglomerados de cantos y bolos de rocas ígneas y metamórficas (10) Mioceno Superior-Plioceno (N_1^3 - N_2)

Los conglomerados de Samaná fueron descritos por Joyce (1991) como una Unidad formada por paquetes métricos de conglomerados constituidos, en su mayor parte, por clastos de mármol, aunque puede presentar frecuentemente intercalaciones de areniscas y limos. Aflora extensamente a lo largo de la costa sur de la península entre las localidades de Samaná y (un poco al oeste de) Sánchez. Los conglomerados pueden estar gradados, poseen matriz arenosa-fangosa y suelen aparecer cementados por calcita. El contacto con el complejo metamórfico suele ser una discordancia angular erosiva, aunque es habitual que este contacto original este retocado por falla. La importancia de esta unidad (junto con las

brechas de Majagual) radica en que su formación y evolución se relaciona con el movimiento de la Falla Septentrional y el levantamiento de la Península de Samaná, con la que tuvo que ser sincrónico.

En la Hoja de Sánchez los conglomerados de Samaná afloran en distintos cortes en el talud de la carretera principal o en arroyos al norte de ésta, principalmente en el sector al oeste de Sánchez, donde se observa, por una parte, que se apoyan directamente y discordantes sobre la unidad de mármoles de Majagual o por encima de las brechas de Majagual en tránsito gradual con las mismas; por otra parte, tal y como indicó Joyce (1991), se ha podido comprobar que la parte alta de los conglomerados se intercala en las margas suprayacentes de la Fm Los Cacaos. Los afloramientos del conglomerado propiamente dicho en esta Hoja no son excesivamente buenos y apenas se pueden hacer algunas observaciones puntuales en pequeñas canteras donde se pone de manifiesto en carácter masivo o muy ligeramente organizado de la unidad, formada por cantos, bolos y bloques de rocas metamórficas (mayoritariamente mármoles de Majagual) dentro de una matriz de proporciones variables y composición arenosa, o arenoso-arcillosa en los términos más distales, de tonos rojizos.

Sin embargo esta unidad tienen un mejor desarrollo y una magnífica exposición en la vecina Hoja de de Santa Bárbara de Samaná donde se han estudiado dos secciones prácticamente consecutivas en el camino a Majaguelito, con un espesor conjunto de unos 250 m) y se han observado discordancias progresivas dentro del conglomerado. El desarrollo de estas discontinuidades en el seno de la unidad refleja que el levantamiento de la península tuvo lugar de forma simultánea al depósito de los conglomerados, lo que condicionó la geometría de los cuerpos sedimentarios y las características de sus facies, con mayor organización hacia la parte alta de la serie (para más detalle, consultar memoria de esta Hoja o el Informe Estratigráfico y Sedimentológico del Proyecto; Perez Valera y Abad de Los Santos, 2010)

Tradicionalmente los conglomerados de Samaná se han interpretado como un cinturón de abanicos aluviales depositados al pie de los relieves que delimitan el borde sur de la península. La formación de discordancias progresivas dentro de esta unidad en el límite de cuenca, en zonas correspondientes a la cabecera del abanico, reflejan un levantamiento tectónico continuado de esta región coetánea a la sedimentación. La velocidad de elevación de la península sería más lenta que la velocidad de encajamiento de las sucesivas cabeceras, que tienden a encajarse unas en otras y a acumular los sedimentos erosionados en el cuerpo y pie del abanico aluvial, desarrollando geometrías progradantes. La facies

conglomeráticas reconocidas en la parte baja y media del mencionado corte del camino a Majaguelito (y en la mayoría de los afloramientos de la unidad) responden a la definición clásica de flujos gravitacionales cohesivos (de alta viscosidad) y de elevada densidad (debris flow). La ausencia de estructuras tractivas, las bases netas y planas de los cuerpos, la organización predominantemente masiva, la heterometría de sus clastos o la presencia de una matriz fangosa en estos depósitos, reflejan la actuación de procesos gravitacionales en masa, muy viscosos, con alta capacidad de transporte.

La actuación de estos procesos tendría lugar principalmente en momentos de grandes precipitaciones, en las zonas más altas del abanico aluvial, de pendientes más elevadas, denominada zona de ápice o cabecera. La aparición hacia la parte media alta de la serie de algunas estructuras tractivas y de superficies de erosión, o el mayor grado de redondeamiento y de organización de los cantos, denotan un cambio en las características de los procesos gravitacionales hacia posiciones más meridionales. Es probable que los flujos densos evolucionen a flujos de características más tractivas hacia zonas más bajas del abanico por pérdida de viscosidad o aumento de la densidad de clastos. De esta forma, los debris flow evolucionan longitudinalmente a flujos densos, menos cohesivos.

En el corte del camino a Majaguelito y, localmente, en otros afloramientos, a techo de la unidad se han cartografiado facies de conglomerados, areniscas y arcillas rojas que se interpretan como resultado de procesos de arroyadas en manto (*sheet flood*). Estos procesos representan corrientes tractivas, de muy alta energía, no confinadas, que son muy frecuentes en las zonas del cuerpo interno de abanicos aluviales. La acumulación de restos de plantas y la matriz limosa descritas a techo de estas facies registran la deceleración del flujo y el depósito del material más fino y menos denso transportado en suspensión

Finalmente, en el mismo corte también se han observado facies conglomeráticas y arenosas de mayor madurez textural que sugieren la instalación de un sistema fluvial inmaduro sobre los abanicos aluviales. Estos sistemas estarían compuestos por canales trenzados de baja estabilidad lateral que se desarrollaron probablemente en una etapa de nivel de base más alto que la existente durante la progradación de los abanicos

Por su naturaleza litológica tampoco existen dataciones de los conglomerados de Samana; como en el caso de la unidad de brechas de Majagual, por su posición estratigráfica y

relación con el resto de unidades se le asigna una edad amplia que comprende el intervalo Mioceno Superior-Pleistoceno, sin más precisión.

2.2.3.3. Formación Las Canoas. Margas amarillentas fosilíferas con niveles de calizas y margocalizas abigarradas e intervalos de cuerpos arrecifales (11) Calizas y margocalizas tableadas con niveles de margas amarillentas fosilíferas (12). Plioceno-Pleistoceno Inferior (N_2-Q_1)

El término Las Canoas fue utilizado por Joyce (1985; 1991) para describir una caliza fosilífera (Las Canoas limestone) que según él aparecía interestratificada con conglomerados al oeste de Sánchez. En este trabajo se ha preferido utilizar esta acepción en un sentido algo más amplio para definir (de manera informal) una formación que agrupa las mencionadas calizas, así como los términos de margas y margocalizas fosilíferas (con abundantes restos de corales) relacionados, en los que en realidad se intercalan los conglomerados de Samaná. Este conjunto de materiales aflora entre la población de Sánchez y el aeropuerto de El Catey dispuesto, en aparente concordancia, sobre las brechas de Majagual o los conglomerados de Samaná (que llegan a intercalarse en la parte baja, margosa, de la unidad) y culminan a techo en tránsito aparentemente gradual a la Fm Sánchez o cambian lateralmente a ella.

La Fm Las Canoas está mayoritariamente formada por margas amarillentas con niveles de ostreidos, moldes de moluscos y foraminíferos bentónicos que presentan localmente acumulaciones de corales ramosos (Porites) y corales masivos (Montastrea y Porites), así como intercalaciones de calizas y margocalizas dispuestas en bancos decimétricos (alternantes con capas más finas de margas) que contienen igualmente restos de moluscos y cabezos de corales masivos (unidad N° 11). Las intercalaciones de calizas y margocalizas pueden adquirir espesores de cierta importancia (hasta 10m) en cuyo caso han sido representados en el mapa

Los materiales de la Fm Las Canoas se interpretan como depósitos de plataforma interna protegida, con aportes variables de terrígenos finos, que cambian la proporción margas/calizas. Estos materiales parecen cambiar lateralmente y hacia techo a los sedimentos fluviodeltaicos de la Fm Sánchez. Estos tipos de litologías, facies y sus cambios laterales aparecen en la Fms. Yanigua y Los Haitises alrededor de la Cordillera Oriental y, más concretamente, caracterizan a la Fm. Cevicos (Brouwer y Brouwer, 1982; Braga 2010); por ello, en principio, la Fm. Las Canoas se podría correlacionar con esta última formación

(Braga 2010). Sin embargo, las margas, margocalizas y calizas de la Fm. Las Canoas descansan sobre (e incluso puede observarse que cambian lateralmente) a las brechas de Majagual y los conglomerados de Samaná. Como se ha referido anteriormente, las brechas y los conglomerados son el producto de la denudación del relieve metamórfico de la península de Samaná sobre el que, por otra parte, se depositaron directamente las calizas de Los Haitises. Estas relaciones pueden sugerir (y así se ha considerado en este trabajo) una diacronía entre Los Haitises y Las Canoas; es decir, que Los Haitises sean coetáneos de los primeros depósitos que se apoyan sobre la vertiente sur del macizo metamórfico (brechas de Majagual y conglomerados de Samaná), y, por tanto, anteriores a la Fm. Las Canoas, cuya edad sería más joven (Pleistoceno).

Las determinaciones de edades realizadas en la formación, bien sea en este trabajo por foraminíferos, o en trabajos anteriores por macrofauna (Joyce, 1991) sugieren de forma poco precisa y muy ambigua, el intervalo Mioceno-Superior-Plioceno. Teniendo en cuenta las relaciones con las unidades contiguas y los argumentos presentados en párrafos precedentes, en este trabajo la Fm se atribuye al intervalo Mioceno Superior-Pleistoceno.

2.2.3.4. Formación Sánchez. Arcillas ocreas y margas subordinadas, con intervalos de arenas. Localmente, niveles métricos y decimétricos de lignitos. Plioceno-Pleistoceno Inferior-Medio (13) (N_2-Q_{1-2})

Previo a su uso por Joyce (1985; 1991) es posible que el término de Fm Sánchez fuera por primera vez utilizado por la compañía Douglas Robertson & Associates (1981) en su informe de exploración de los carbones identificados en la zona de Sanchez, encargado por la Rosario Dominicana. Tras una exhaustiva campaña de (663) sondeos y otras investigaciones campo, un segundo informe correspondiente a una subsiguiente fase de prefactibilidad fue realizado, sobre la base del anterior y con escasas modificaciones respecto al mismo, por la compañía Carbones de Sánchez (1985), establecida para este efecto como subsidiaria de la mencionada Rosario Dominicana. En este proyecto se ha tenido un acceso limitado al contenido de estos informes (incompletos en el caso de gráficos, figuras y mapas) que no obstante es fundamental para completar las escasas observaciones que se pudieron realizar durante la elaboración de la cartografía geológica por la mala calidad de los afloramientos que caracteriza esta formación.

La Fm Sánchez comparte el mismo ámbito de afloramiento que las últimas unidades descritas, es decir, a lo largo del borde meridional de la sierra de Samaná: en el sector al oeste de Sánchez se ha cartografiado concordante sobre la Fm Las Canoas y en el sector al este de Sánchez, por cambio lateral y acuñamiento de esta unidad, se sitúa estratigráficamente sobre los conglomerados de Samaná. Por su litología esencialmente arcillo-limosa y la abundante vegetación de la zona, la formación aflora francamente mal, pudiéndose realizar observaciones exclusivamente en algunos cortes muy puntuales de arroyos (Punta Gorda, Higüero y Hondo) y algunos taludes en la misma línea de costa (Playa Liberato y Punta Majuán). Es una formación susceptible de generar deslizamientos, circunstancia que ha producido numerosos problemas en la estabilidad del terreno y en las edificaciones de la localidad de Sánchez, asentada enteramente sobre ella.

En los mencionados afloramientos la formación se presenta constituida por arcillas (localmente margosas) muy plásticas y arcillas limosas ocres (blanquecinas por alteración), con intervalos de arenas de grano fino y arenas limosas de tonos rojizos. Es relativamente frecuente observar pequeños intervalos de materia orgánica, pero sólo en los cortes del arroyo Higüero y, sobre todo, en un arroyo sin nombre situado al este del anterior, se han podido localizar niveles importantes (de 10 cm a 1 m de espesor) y relativamente continuos de carbón (lignito) alternando con las arcillas, arcillas limosas y arenas. Por ausencia habitual de estratificación es difícil reconocer algún tipo de estructuración en la formación, salvo en las zonas con intercalaciones de lignito que ponen de manifiesto un replegamiento relativamente intenso y variable, probablemente en función de su proximidad a desgarres.

En la exploración de subsuelo llevada a cabo por las mencionadas compañías mineras se revelan algunos datos de interés que pueden resultar incluso sorprendentes en comparación con la simple vista de los afloramientos. Entre ellos sin duda destaca la máxima profundidad de perforación (a rotación) alcanzada en la unidad, de 426,7m que, incluso descontando el efecto del plegamiento sugiere un notable espesor de la unidad; estimado en estos informes, por extrapolación de todos los datos (y quizá de forma exagerada), en unos 1200 m. También llama la atención el espesor máximo reconocido de algunos niveles o capas individuales de carbón, por encima de los 10m. La correlación de todos los sondeos permitió identificar hasta 4 ciclos deposicionales característicos de estos ambientes con una distribución multicapa del carbón, un alto grado de complejidad estructural (que quizá justifique el elevado espesor atravesado de la unidad) y un sustrato aparentemente formado por calizas someras. El carbón resultó ser un lignito de tipo B, probablemente con un alto contenido en sulfuros, en teoría apto

para su aprovechamiento en centrales térmicas. Durante la exploración, se encontró gas asociado a las capas de carbón. Se estimaron unas reservas base de $17,3 \times 10^6$ Tm de las cuales $40,1 \times 10^6$ corresponden a las de la zona de interés con posibilidades de explotación a cielo abierto.

La Fm Sánchez se interpreta depositada esencialmente en un ambiente deltaico o fluvio-deltaico que culmina la secuencia transgresiva iniciada por la Fm Las Canoas o la sustituye lateralmente. En los sondeos de la exploración minera se reconoció una cierta influencia marina que se puso de manifiesto por la presencia de intervalos con supuesta fauna nerítica, y que contrasta con la litología más propia de ambientes deltaicos o continentales; su presencia se explicó por la invasión ocasional de estos medios por tormentas que arrastaron los aportes con fauna marina.

Ante la ausencia de dataciones fiables, la edad de la Fm Sánchez se ha asignado al intervalo Plioceno-Pleistoceno (Inferior-Medio) con criterios regionales y por su relación con las unidades contiguas.

2.2.4. Pleistoceno Superior. La unidad de las arcillas del Río Boba y la Fm. La Isabela.

Bajo este epígrafe se incluyen dos formaciones contrapuestas, una continental y la otra marina, que se supone ocupan el mismo intervalo estratigráfico correspondiente al Pleistoceno Superior.

2.2.4.1. Arcillas del Río Boba. Arcillas rojizas, blanquecinas por alteración, con niveles de arenas (14). Pleistoceno Superior (Q₃)

Esta unidad se ha definido para nombrar a una unidad de arcillas que a modo de plataforma subhorizontal de unos 10 a 15 m de espesor rellena los relieves más bajos de la Cordillera Septentrional en las Hojas de Villa Riva y fundamentalmente la de Nagua. En la Hoja de Sánchez se refiere a dos pequeños afloramientos de arcillas que aparecen en el extremo occidental de la Hoja, uno en la carretera de acceso al aeropuerto de El Catey, y el otro en el talud de la carretera principal junto al límite con la Hoja de Villa Riva.

La unidad la componen arcillas rojas, ligeramente limosas o arenosas, con betas blanquecinas por alteración; en la Hoja de Nagua incorpora de forma característica niveles de

conglomerados y facies con cantos y gravas. Es posible que estos depósitos arcillo-limosos procedan en buena parte de la denudación de la cobertera de alteración desarrollado sobre los sustratos ígneos de la Cordillera Septentrional (batolito de Río Boba, Complejo de Río San Juan, etc.). La distribución actual de los depósitos en el interior de los valles del Río Boba y Nagua es compatible con una facies estuarina, invadida periódicamente por depósitos de distales de abanicos aluviales e intervalos netamente fluviales.

2.2.4.2. Terrazas de corales. Biocronstrucciones arrecifales antiguas (¿Fm La Isabela?) (15). Pleistoceno Superior (Q₃). Bioconstrucciones arrecifales recientes (18) (Q₄)

Bajo la denominación de Fm. La Isabela se agrupan las calizas y depósitos asociados formados en medios sedimentarios relacionados con los arrecifes que rodearon La Española durante el Cuaternario más antiguo (Pleistoceno). La formación fue definida por Marcano y Tavares (1982) en las proximidades de La Isabela, en la costa norte de la República Dominicana (Hoja de Barrancón), pero sus características litológicas, de facies y de arquitectura estratigráfica se repiten, con pequeñas variaciones, en largos segmentos de la costa dominicana, especialmente en el este y sureste.

En determinados puntos de la Península de Samaná (principalmente en la Hoja de Las Galeras) hay afloramientos de calizas arrecifales cuyas facies y posición actual sobre el nivel del mar que las hacen asimilables a la Fm Isabela (Braga 2010). Son construcciones que arrancan desde el sustrato pre-cuaternario, en algunos puntos desde la base de un paleoacantilado labrado sobre carbonatos más antiguos, por lo que se pueden considerar arrecifes franjeantes. Los afloramientos muestran unas facies de construcción arrecifal típica de esta formación en la costa norte de la isla y un ligero desarrollo de facies de talud. La construcción desciende desde las cercanías del sustrato, a unos 20 m de altitud, hasta el acantilado actual (6-7 m) en escalones suaves y con una progradación que queda marcada por una estratificación poco definida que buza 2-3 grados hacia el norte.

En algunas puntas de la costa sur de la península (Hojas de Santa Bárbara de Samaná y Sánchez) afloran calizas arrecifales que pueden corresponden a construcciones arrecifales de la Fm. La Isabela. También aquí, las máximas cotas de afloramiento de las construcciones son cercanas a los 20 m. En el caso de la Hoja de Sánchez se ha identificado un único afloramiento, equiparable a esta tipología, en las inmediaciones de

Punta Majagual. Es un afloramiento muy cubierto y de mala calidad de calizas arrecifales elevadas aproximadamente a esta misma cota.

En todo caso los afloramientos existentes en la península de Samaná están constituidos mayoritariamente por las facies del miembro superior de la Fm. La Isabela que consisten en calizas arrecifales, masivas, frecuentemente con colonias de corales en posición de vida y acumulación de esqueletos de colonias de coral (mayoritariamente *Acropora palmata*) con distintos grados de fragmentación. Una completa descripción de esta formación se puede encontrar en las memorias de diversas Hojas costeras de la Cordillera Septentrional y en el Informe sobre las *Formaciones Arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana* realizado en el transcurso de este proyecto (Braga 2010).

2.3. Formaciones superficiales del Holoceno

La sedimentación más reciente, holocena, de la Hoja de Sánchez puede agruparse en dos conjuntos, depósitos marinos y litorales, y depósitos continentales. Los depósitos marinos y litorales están representados por terrazas de corales recientes, por sistemas marismas desarrollados a lo largo o proximidad de la costa de la península y de la bahía de Samaná y por los cordones litorales. En los depósitos continentales tienen representación los sistemas gravitacional, fluvial, lacustre o endorreico, y de meteorización química que se distribuyen principalmente por el interior y las laderas de la sierra de Samaná y sobre todo en la planicie del Gran Estero.

2.3.1. Holoceno marino y litoral

2.3.1.1. Terrazas de corales. Bioconstrucciones arrecifales recientes (18) (Q₄)

En punta Majagual y al oeste, en punta Majuan, se han cartografiado construcciones arrecifales con facies muy similares o idénticas a las anteriores pero situadas a cotas del nivel del mar indicando una formación subactual o muy reciente, por lo que se han separado en una unidad aparte (18) asignada al Holoceno.

2.3.1.2. Marisma alta. Arcillas, limos y arenas (21). Holoceno ((Q₄))

Corresponden a depósitos de carácter eminentemente detrítico fino producidos durante periodos de marea excepcionalmente alta. Se han identificado como tales amplias superficies de carácter relicto, relativamente alejadas del mar, en la planicie del Gran Estero, y más próximo a él en Boca del Estero junto a la bahía Escocesa, y en Punta del Portillo. Por ser zonas cultivadas o muy cubiertas, no se ha observado corte alguno que permita una detallada descripción de las unidades, ni observar su espesor, posiblemente de orden métrico. Su edad se asigna al Holoceno.

2.3.1.3. Marisma baja. Arcillas, limos y arenas (22). Holoceno (Q₄)

Con la misma litología que los anteriores, son los depósitos asociados a las mareas habituales. En la costa norte se reparten en pequeñas superficies situadas por detrás del cordón litoral generalmente relacionadas con la desembocadura del algún pequeño arroyo, que facilita la instalación de manglares. En el Gran Estero destaca la amplia (3-5 km) franja que orla la bahía de Samaná y alberga la desembocadura del Yuna y numerosos canales relacionados que han facilitado la casi completa colonización por manglares. En estos casos tampoco hay apenas afloramientos de los depósitos, o en todo caso son muy parciales, mostrando un predominio de materiales finos con abundante contenido en materia orgánica. El espesor, difícil de establecer, puede ser del orden de los 10-15m. Su edad se asigna al Holoceno.

2.3.1.4. Cordón litoral (a), reciente; (b), degradado (25). Holoceno (Q₄)

Conforman las magníficas playas de la península, de composición eminentemente arenosa. Se trata de arenas finas a medias que se encuentran bordeando la costa, producto del retrabajamiento de los materiales por las aguas del mar. En la cartografía se ha distinguido entre los cordones más recientes que mantienen su morfología original, y los más antiguos, generalmente en posición más trasera respecto a la línea de costa, que tienen una morfología degradada. En algunos casos se han reconocido pequeñas dunas, sin representación cartográfica. Su desarrollo ha tenido lugar dentro del Holoceno.

2.3.2 Holoceno continental

2.3.2.1. Abanicos aluviales y conos de deyección. Conglomerados con intercalaciones de arenas y limos (16). Holoceno (Q₄)

Los abanicos aluviales se disponen sistemáticamente al pie de ambas vertientes de la sierra de Samaná configurando una estrecha zona de enrascamiento con la zona de costa o con la planicie del Gran Estero. Los conos aluviales se han cartografiado a la salida de algunos pequeños arroyos con desagüe rápido. Están formados por conglomerados con proporciones variables de arenas y limos que van siendo más abundantes pendiente abajo. Su espesor puede oscilar entre 3 y 8 m. Aunque algunos de ellos se encuentran relativamente elevados respecto a la red de drenaje actual se considera que en su mayoría son relativamente recientes y han asignado al Holoceno.

2.3.2.2. Deslizamientos de ladera. Bloques de rocas metamórficas, con cantos, arenas y limos (17). Holoceno (Q₄)

Pese a lo escarpado de las laderas de la sierra de Samaná es destacable la escasez de deslizamientos de dimensiones notables, a lo que sin duda contribuye una litología del sustrato poco susceptible a los mismos. De hecho sólo se han identificado dos pequeños deslizamientos sobre los términos esquistosos de la unidad de Majagua al norte de Las Garitas. Son depósitos heterométricos que constituyen un conjunto de aspecto desordenado de cantos y bloques englobados en limos y arenas. Se asignan al Holoceno.

2.3.2.3. Coluvión. Cantos, arenas y limos (19). Holoceno (Q₄)

Son depósitos muy heterométricos de origen gravitacional repartidos de forma desigual por las laderas de los principales relieves de la Hoja, preferentemente sobre un sustrato de rocas metamórficas, más raramente sobre un sustrato de calizas de Los Haitises. Pocos de ellos adquieren dimensiones cartográficas. Están formados por una acumulación caótica de bloques y gravas con abundante matriz limosa. Su espesor varía entre 3 y 7 m. Todos se consideran de edad muy reciente, por lo que se asignan al Holoceno.

2.3.2.4. Relleno de zonas endorreicas. Limos y arenas con cantos (20). Holoceno (Q₄)

En el sector oeste de la Hoja, en Guachupita y al este de La Majagua, se han reconocido dos pequeñas zonas endorreicas o de encharcamiento relacionadas con el desagüe de sendos arroyos de corto recorrido. No existen afloramientos del depósito asociado, aunque es de imaginar que sean depósitos arcillo-limosos con pequeñas intercalaciones de arenas y cantos.

2.3.2.5. Área pantanosa. Ciénaga o lago colmatado. Limos y arcillas de decantación (23). Holoceno (Q₄)

La naturaleza de las formaciones superficiales de la planicie del Gran Estero es difícil de interpretar por la ausencia casi total de afloramientos y la removilización antrópica de los depósitos para cultivos o tratamientos forestales. Una importante superficie de esta planicie se ha interpretado como área pantanosa relacionada con ciénagas o lagos colmatados que se ha instalado en las cercanías del curso principal del río Yuna, aprovechando la ausencia de desvinel topográfico. Se ha podido comprobar que estas zonas resultan inundadas en épocas de grandes lluvias resultando en lagos estacionales. Los sedimentos finos que han ido llegando al lago se van acumulando hasta colmatarlo, formándose barrizales.

2.3.2.6. Llanura de inundación. Limos y arcillas con niveles de arenas y cantos (24). Holoceno (Q₄)

Esta unidad cartográfica se refiere a la llanura de inundación del río Yuna que, dentro de la planicie del Gran Estero, presenta una anchura hecto a kilométrica a lo largo del río con depósito de limos y arcillas con intercalaciones de niveles de cantos y arenas. Su espesor es difícil de determinar ante la ausencia de cortes, pero se estima que es de orden métrico a decamétrico. Se asigna al Holoceno.

2.3.2.7. Cono deltaico. Arenas y limos (26). Holoceno (Q₄)

En la desembocadura del Yuna se han cartografiado formas convexas de origen deltaico producidas por la gran cantidad de material acumulado por este río, que no es capaz de redistribuir la acción marina. Aunque no hay afloramiento, se supone que se trata de materiales detríticos polimícticos de tamaño de grano muy variable. Pueden tener un espesor importante de varias decenas de metros.

2.3.2.8. Arcillas de descalcificación (27). Holoceno (Q₄)

La disolución kárstica es propia de formaciones carbonatadas, como las calizas y los mármoles. Su efecto produce residuos de disolución, las arcillas de descalcificación, que pueden llegar a tener potencias notables. En la península de Samaná son depósitos relativamente comunes al ocupar el fondo de las abundantes dolinas que se han

desarrollado sobre las calizas de los Haitises (principalmente) y sobre el sustrato de mármoles.

2.3.2.9. Fondo de valle (28) y cauce abandonado (27). Cantos, arenas y gravas. Holoceno (Q₄)

Los fondos de valle canalizan los aportes actuales de los ríos y arroyos y están mayoritariamente constituidos por cantos, arenas y gravas. Su principal (y casi único representante de entidad) es el cauce del río Yuna y a éste también se asocia el único cauce abandonado. Su espesor es de 1-3m. Constituyen una de las principales manifestaciones de la dinámica actual, por lo que se asignan al Holoceno.

3. PETROLOGIA, GEOQUIMICA Y GEOCRONOLOGÍA

En este capítulo se describe la petrología de las unidades que constituyen el complejo de basamento de Samaná con representación en la Hoja. El capítulo es un resumen del informe correspondiente elaborado en este proyecto para este complejo (Escuder Viruete, 2010 a). Por otra parte, sólo se han realizado estudios geoquímicos de las intercalaciones y bloques de eclogitas, esquistos azules con granate y glaucofanitas de la unidad de Punta Balandra, no aflorante en esta Hoja. La consulta de estos estudios se puede hacer en las memorias de las Hojas contiguas de Santa Bárbara de Samaná y Las Galeras. El capítulo concluye con un resumen de las dataciones absolutas obtenidas en el complejo

3.1. Petrología

De las unidades que constituyen el complejo de basamento de Samaná, en la Hoja de Sánchez sólo están representadas la unidad de Esquistos de Santa Bárbara y la unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos, en ambos casos de manera parcial, que se completa en las hojas contiguas de Santa Bárbara de Samaná y Las Galeras. Debido al carácter continuo de estas unidades en el conjunto de la península y a que su muestreo se ha realizado de forma conjunta para todas ellas, en este apartado se ha optado por incluir todos los tipos petrológicos reconocidos en estas dos unidades en estas tres hojas, con indicación expresa a los muestreados en la presente Hoja de Sánchez. La petrología del resto de unidades que conforman el complejo, se puede consultar en las memorias de las citadas Hojas o, en todo caso, en el Informe de Petrología correspondiente elaborado de manera específica en este proyecto para los materiales ígneos y metamórficos de la península de Samaná (Escuder Viruete, 2010 a).

3.1.1. Petrología de la Unidad de Esquistos de Santa Bárbara

3.1.1.1. Descripción de los materiales

En el conjunto de la península de Samaná (Hojas de las Galeras, Santa Bárbara de Samaná y Sánchez), los tipos petrográficos estudiados en la Unidad de Esquistos de Santa Bárbara se corresponden con los tres principales tipos composicionales de protolitos: pelíticos, mixtos terrígeno-carbonatados y carbonatados. Las condiciones metamórficas P-T cambian a lo largo de la unidad, observándose asociaciones con y sin lawsonita en los niveles

estructurales más bajos y asociaciones con epidota con y sin ferro-glaucofana en los niveles estructuralmente más altos (isograda Lw-Ep). A su vez, las asociaciones con fengita y paragonita son sustituidas por asociaciones con fengita y albita, que crece formando poiquiloblastos de sin- a tardi-S2 con abundantes microinclusiones de mica blanca, glaucofana y lawsonita.

Entre los esquistos se han estudiado esquistos con glaucofana y albita, generalmente con relictos de lawsonita y prismas de epidota (6373IJE8066, 6373IVJE8070, 6373IVJE9056D, 6373IJE9059, 6373IJE9062A, 6373IJE9062B y 6373IJE9123B), esquistos y cuarzoesquistos con cloritoide y fengita (6373IVJE8139, 6373IVJE8204?, 6373IVJE9142, 6373IJE9158), (*)esquistos y cuarzoesquistos con fengita y esfena de grano fino (6373IVJE8076, 6373IVJE9050B, 6373IVJE9053, 6373IVJE9053A, 6373IVJE9054, 6373IVJE9055, y paragonita (6373IVJE9143, 6373IJE9128) o mica marrón (6373IVJE8246), y (*)filitas con fengita (6373IVJE8246, 6373IJE9161 y 6273IHH9002). Entre los calcoesquistos se han estudiado calco-esquistos con epidota y albita (6373IJE8133A, 6373IJE8133C, 6373IJE8347, 6373IJE9057, 6373IJE9060, 6373IJE9109 y 6373IJE9116B), frecuentemente con (*)lawsonita relictas y ocasionalmente con glaucofana (6373IJE9056, 6373IJE9058 y 6273IHH9013), calcoesquistos con lawsonita (6373IVJE8348, 6373IVJE8272, 6373IVJE9123 y 6373IVJE9128) y (*)calcoesquistos con fengita y en ocasiones albita, (6373IVJE8076, 6373IVJE8076B, 6373IJE8063, 6373IVJE8136, 6373IVJE8140, 6373IVJE8250, 6373IJE9063B y 6273IHH9032). Entre los mármoles se han estudiado mármoles con fengita (6373IJE9056A, 6373IJE9056B y 6373IJE9063A) y mármoles masivos y bandeados (6373IVJE8176).

3.1.1.2. Esquistos con glaucofana y albita

En Joyce (1991), los esquistos con glaucofana y albita definen una zona transicional (zona II) entre los Esquistos de Santa Bárbara y la Unidad de Punta Balandra, la cual se observa especialmente bien en el corte de la carretera próximo a la Bahía del Francés. Se trata de rocas esquistosas de grano medio y tonos plateados, que derivan de protolitos sedimentarios de composición mixta pelítico-carbonatada, completamente traspuestos. Exhiben una penetrativa fábrica plano-linear (Sp-Lp), la cual es a menudo un bandeo composicional milimétrico, en el que se destacan nematoblastos oscuros elongados de glaucofana definiendo una lineación mineral y porfiroblastos de albita.

Al microscopio, presentan texturas granonemato y granolepidoblásticas microbandeadas. Su composición mineral está constituida por ferroglaucófana, albita, fengita, lawsonita, clorita, mica marrón, epidota, cuarzo y calcita como minerales principales o esenciales, con ilmenita, magnetita y opacos como accesorios. Microtexturalmente, los nematoblastos de ferroglaucófana y los poiquiloblastos de albita se destacan de una matriz granolepidoblástica tendente a microbandeada. La glaucófana es malva-azul, rica en Fe o ferro-glaucófana, y forma prismas elongados paralelamente definiendo una lineación mineral o Lp. Poseen sombras de presión asimétricas y su elongación según dos familias de planos, junto a las láminas de micas, define una fábrica S-C metamórfica. La albita forma poiquiloblastos que incluyen a minerales de la matriz en forma de alineaciones de inclusiones sigmoidales (rotacionales), incluida la ferroglaucófana, siendo por tanto de sin- a tardi-Sp. Presentan *pull-apart* retrógrados rellenos de mica blanca-clorita. Los relictos de lawsonita están formados por agregados romboidales pseudomórficos de mica blanca y, al parecer, epidota. La epidota forma prismas y agregados de microprismas elongados según la Sp e incluidos en la albita, de génesis tardía. En la matriz, los lepidoblastos de fengita y mica verde/marrón (clorita/biotita) definen dos orientaciones oblicuas un ángulo pequeño, que constituyen la fábrica principal (Sp) no-coaxial compuesta. Esta fábrica rodea microlitones donde se preservan porfiroclastos de micas pre-Sp, particularmente clorita parda, plegadas de forma intrafoliar. El cuarzo y, subordinadamente, la calcita han recristalizado dinámicamente formando un agregado granoblástico elongado paralelamente a la Sp. Este agregado forma frecuentemente *ribbons* policristalinos, constituidos por pequeños cristales nuevos de contactos rectos e irregulares. La alternancia de microdominios milimétricos y submilimétricos alternativamente ricos en micas o albita, define el bandeo composicional o Sp. La asociación sincinemática con la Sp está definida por glaucófana, epidota?, albita, fengita, clorita y cuarzo, siendo diagnóstica de la facies de los esquistos azules con epidota. Los relictos de lawsonita, clorita y probablemente paragonita, sugieren un estadio progrado en facies de esquistos azules con lawsonita.

3.1.1.3. Esquistos y cuarzoesquistos con cloritoide y fengita

Los esquistos y cuarzoesquistos con cloritoide y fengita alternan con calcoesquistos en los niveles estructurales más altos de la Unidad de Santa Bárbara. Constituyen rocas esquistosas, de grano medio a fino, lo que texturalmente les diferencia de los esquistos de menor grado estructuralmente infrayacentes en la unidad. Poseen un color gris claro a

(*) Se señalan de esta forma los tipos petrológicos muestreados en la Hoja de Sánchez

oscuro, una penetrativa fábrica plano-linear (Sp-Lp), y pequeños porfiroblastos oscuros de cloritoide y pirita. Presentan una composición mineral constituida por cuarzo, fengita, clorita (que puede ser accesoria), cloritoide y albita como principales, con esfena, rutilo, ilmenita, hematites, monazita y opacos como accesorios.

Al microscopio, estos esquistos presentan texturas granolepidoblásticas microbandedas, porfiroblásticas y porfiroclásticas. Suelen presentar una polifábrica de superposición de dos esquistosidades, en la que se definen dos elementos texturales: porfiroblastos de cloritoide y pirita, pseudomorfizados por óxidos; y una matriz compuesta por un agregado de cuarzo, fengita y clorita, estructurado en un microbandeado composicional de alternancia de nivelillos milimétricos/submilimétricos, alternativamente ricos en cuarzo y fengita, que constituye la fábrica plano-linear principal (Sp-Lp). Dicha fábrica Sp traspone a una Sp-1 anterior, la cual queda evidenciada al preservarse microcrenulada en microlitones de la Sp como como lepidoblastos cruzados (arcos poligonales) y como porfiroclastos de micas. Localmente, la Sp aparece deformada por una Dp+1 de crenulación, en relación a cuyos planos Sp+1 tiene lugar el aplastamiento de las fases sin-Sp, una blástesis menor de filosilicatos, y la acumulación de opacos en relación a mecanismos de disolución por presión. Los prismas de cloritoide se disponen paralelos a la Sp y estirados según la Lp, a menudo groseramente, por lo que son sin-Sp. En su entorno no aparece clorita. La asociación mineral sin-Sp está compuesta por cuarzo, cloritoide, fengita, albita y posiblemente paragonita, siendo indicativa de la facies de los esquistos azules.

3.1.1.4. Esquistos y cuarzoesquistos con fengita y esfena de grano fino

Los esquistos y cuarzoesquistos con fengita y esfena aparecen en los niveles estructurales más altos de la Unidad de Santa Bárbara. Constituyen rocas esquistosas y filíticas de color gris claro satinado en zonas frescas, o de color marrón en zonas alteradas, y de grano fino, lo que texturalmente les diferencia de los esquistos de mayor grado estructuralmente suprayacentes en la unidad, así como el menor desarrollo de un bandeado composicional.

Presentan una fábrica plano-linear, Sp-Lp, muy penetrativa y no-coaxial, tendente a un microbandeado composicional, que generalmente es de crenulación de una Sp-1 anterior, y en ocasiones pequeños porfiroblastos oscuros de esfena o pirita, con sombras de presión elongadas según la lineación mineral. Proceden de protolitos sedimentarios pelíticos, cuya

minerología y texturas han sido completamente borradas por la deformación y el metamorfismo.

Al microscopio, presentan una composición mineral constituida por cuarzo, fengita, clorita, paragonita, esfena y albita como principales, con ilmenita, hematites, monazita y opacos como accesorios. La asociación es sincinemática respecto a la fábrica dúctil planar (Sp) principal y diagnóstica de la facies de los esquistos verdes, posiblemente transicional a la de los esquistos azules con lawsonita. Texturalmente se distinguen porfiroblastos de esfena y matriz, la cual está compuesta por un microbandedado composicional (Sp) de alternancia de nivelillos milimétricos/ submilimétricos alternativamente ricos en cuarzo y micas. La Lp está definida por la elongación unidimensional preferente de los agregados de cuarzo y sombras de presión de los porfiroblastos. Los porfiroblastos de esfena presentan sombras de presión asimétricas y alineaciones de inclusiones sigmoidales, que forman una esquistosidad interna continua con la externa (Sp). En la matriz el cuarzo ha recristalizado dinámicamente formando bandas y *ribbons* policristalinos, compuestos por pequeños cristales nuevos con contactos rectos o irregulares. La mica blanca tiene una composición más moscovítica en los planos Sp-1, preservada microplegada en microlitones, y fengítica en los Sp. Las micas blancas son de composición tanto fengítica como paragonítica. En las rocas más deformadas, las micas definen dos familias oblicuas de lepidoblastos que estructuran una fábrica S-C metamórfica de cizalla.

3.1.1.5. Filitas con fengita

Las filitas son rocas de grano fino a muy fino y de tonos gris-pardo marrón, ya que están muy frecuentemente alteradas. Presentan una penetrativa fábrica plano-linear, Sp-Lp, en la que se suelen destacar porfiroblastos submilimétricos de pirita con sombras de presión. El protolito fue una roca sedimentaria pelítica, cuya minerología y texturas han sido completamente borradas por la deformación y el metamorfismo sincinemático.

Al microscopio exhiben texturas granolepidoblásticas microbandedadas y porfiroblásticas de grano fino. Presentan una asociación mineral de mica blanca moscovita, clorita, mica marrón biotita y cuarzo como principales, con albita, pirita, esfena, ilmenita, óxidos de Fe-Ti y opacos como accesorios, la cual es indicativa de la facies de los esquistos verdes de baja-T.

A la microescala presentan un microbandeado composicional tectonometamórfico, definido por la alternancia de nivelillos milimétricos/submilimétricos, alternativamente ricos en cuarzo y micas de tamaño muy fino, que definen la fábrica planar (Sp). Frecuentemente, los porfiroblastos de esfena son abundantes modalmente, están rodeados por la Sp y poseen alineaciones de inclusiones sigmoidales, por lo que su blastesis fue sin-Sp. La pirita forma cubos y agregados de pequeños granos dispersos en la roca, que han desarrollado sombras de presión rotacionales, rellenas de fibras de cuarzo sigmoidales, denotando el carácter no coaxial de la deformación. En la mesostasia, la mica marrón de composición clorítica y/o biotítica forma lepidoblastos orientados paralelamente a la Sp, la clorita resulta más abundante modalmente, y el cuarzo ha recristalizado dinámicamente formando *ribbons* mono y policristalinos. La Sp individualiza microlitones donde aparecen niveles de cuarzo plegados isoclinalmente y boudinados, o agregados de micas microcrenulados, indicando que la Sp es de crenulación.

3.1.1.6. Calcoesquistos con epidota y albita

Los calcoesquistos con epidota y albita aparecen muy cizallados en los niveles estructuralmente más altos de la Unidad de Santa Bárbara, justo bajo el contacto con la Unidad de Punta Balandra. Estas rocas alternan a la escala métrica-centimétrica con los esquistos con glaucófana y albita. Constituyen rocas esquistosas de grano medio a grueso, coloraciones claras entre blancas y grises satinadas, y que han desarrollado una fábrica plano-linear Sp-Lp muy penetrativa, que es a menudo un microbandeado composicional. En el afloramiento se caracterizan por presentar abundantes porfiroblastos milimétricos de albita. Proceden de protolitos de composición pelítico-carbonatada.

Al microscopio presentan texturas granolepidoblásticas microbandeadas, porfiroblásticas y poiquilíticas. Presentan una composición mineral compuesta por cuarzo, calcita, albita, epidota, clorita, fengita, glaucófana, y aragonito como minerales principales o esenciales, con lawsonita, esfena, rutilo, ilmenita, zircón y magnetita como accesorios. Estos calcoesquistos están afectados por una deformación sin-esquistosa que dió lugar a un agregado granolepidoblástico microbandeado, definido por una alternancia de niveles alternativamente ricos en micas, cuarzo, albita o calcita, el cual constituye la fábrica plano-linear (Sp-Lp). Dicha fábrica Sp traspone a una Sp-1 anterior, que se preserva microcrenulada como lepidoblastos de micas dentro de microlitones de Sp. En los dominios ricos en cuarzo y calcita, ambos minerales han recristalizado extensamente formando

agregados de granos elongados paralelamente a la Sp. Localmente existen parches de carbonatos porfiroclásticos de posiblemente aragonito. La albita forma poiquiloblastos subidiomorfos, frecuentemente muy abundantes, con sombras de presión asimétricas y alineaciones de inclusiones que definen una esquistosidad interna recta o sigmoidal continua con la externa (Sp), por lo que su blastesis fue de sin- a tardi-Sp. La epidota aparece como pequeños microprismas elongados según la Lp y granos dispersos por la matriz. En general, aparecen dos tipos de epidotas: unas incoloras poco pleocróicas y otras amarillas más pleocróicas, ricas en el componente pistachita. Localmente aparecen pseudomorfos de lawsonita pre-Sp?, por agregados de epidota, fengita y cuarzo, a menudo como inclusiones romboidales en la albita. Los lepidoblastos de clorita verde y de mica blanca fengítica contribuyen en la definición de la Sp. La clorita también forma grandes porfiroclastos pre-Sp. Ocasionalmente, aparecen nematoblastos boudinados de ferro-glaucofana sin-Sp. En general, estos calcoesquistos son ricos en porfiroblastos sin-Sp de esfena. La asociación mineral sin-Sp que contienen es diagnóstica de la facies de los esquistos azules con epidota, con un estadio pre-Sp en facies de esquistos azules con lawsonita.

3.1.1.7. Calcoesquistos con lawsonita

Los calcoesquistos con lawsonita aparecen en los niveles estructuralmente medios de la unidad, alternando con tipos esquistosos pelíticos, esquistos grafitosos oscuros y micaesquistos. Constituyen rocas esquistosas de grano medio a fino, y coloración variada desde gris satinada a pardo-grisácea en función de la composición de la roca.

Presenta una fábrica plano-linear Sp-Lp muy penetrativa, que en bandas constituye un bandeado o microbandeado composicional, en parte heredado desde el protolito. Derivan de protolitos sedimentarios mixtos pelíticos a carbonatados, encontrándose en el campo todos los estadios composicionales intermedios incluso a la escala milimétrica. No obstante, la deformación y el metamorfismo han borrado completamente las fábricas y texturas originales.

Al microscopio los calcoesquistos están constituidos por un agregado de granos de cuarzo, calcita, lawsonita, fengita, paragonita y clorita, algo de esfena, plagioclasa y rutilo. Estos calcoesquistos no contienen epidota. Dicha asociación mineral estructura una fábrica plano-linear (Sp-Lp), donde la lineación mineral Lp está definida por la elongación de los prismas

de lawsonita y por *rods* de cuarzo y calcita. La foliación Sm por el microbandeado composicional de alternancia de niveles milimétricos y submilimétricos alternativamente ricos en cuarzo, calcita, micas y lawsonita. La lawsonita forma blastos romboidales y ovoides, y está parcialmente reemplazada pseudomórficamente por mica blanca. El cuarzo ha recrystalizado dinámicamente formando *ribbons* monocristalinos con extinción ondulante y subgranos, y policristalinos de cristales nuevos con contactos rectos e irregulares. Los niveles ricos en filosilicatos están constituidos por agregados de finos lepidoblastos de fengita, paragonita y clorita. El rutilo está transformado a ilmenita, esfena u óxidos de Fe-Ti. La asociación mineral sin-Sp es diagnóstica de la facies de los esquistos azules con lawsonita, a T menores de su desestabilización a paragonita, fengita, epidota/zoisita y cuarzo, que si tiene lugar en los niveles estructurales más altos de la unidad.

3.1.1.8. Calcoesquistos con fengita y esfena

Los calcoesquistos con fengita y esfena aparecen en los niveles estructurales medios y bajos de la unidad de Santa Bárbara, generalmente con intercalaciones de mármoles, muy alteradas y difíciles de muestrear. Son rocas esquistosas de grano medio a fino, color gris satinados claro a gris oscuro, que presentan una fábrica plano-linear Sp-Lp muy penetrativa, tendente a un microbandeado composicional. Sobre las superficies de la Sp aparecen porfiroblastos oscuros de esfena, elongados paalelamente a la Lp. Estos calcoesquistos proceden de protolitos sedimentarios de composición mixta pelítico-carbonatada. Las texturas y mineralogía originales han sido completamente transpuestas.

Al microscopio se caracterizan por presentar texturas granolepidoblásticas microbandeadas y porfiroblásticas. Poseen una composición mineral que incluye cuarzo, calcita, clorita, fengita, esfena y en ocasiones pumpellita como minerales principales, con albita?, rutilo, ilmenita, magnetita, apatito y opacos como accesorios. La asociación es sincinemática respecto a la fábrica dúctil plano-linear principal (Sp-Lp) y diagnóstica de la facies de los esquistos con pumpellita-actinolita transicional a los esquistos azules con lawsonita.

La intensa deformación y el metamorfismo sin-cinemático han dado lugar a un agregado granolepidoblástico de grano fino a medio, compuesto por cuarzo, clorita, fengita, esfena y calcita, en el que la alternancia de niveles sub y milimétricos alternativamente ricos en micas, cuarzo o calcita, estructura un microbandeado composicional (Sp-Lp). Esta fábrica Sp resulta de la crenulación extrema y trasposición de una Sp-1 anterior, que se preserva en

microlitones lentejonares de la Sp como lepidoblastos transversos y microplegados de clorita y/o fengita. Los lepidoblastos de clorita verde y de mica blanca fengítica definen la Sp con su disposición paralela. El cuarzo ha recrystalizado a agregados de granos nuevos elongados paralelamente a la Sp, aunque también recrystaliza mediante la rotación de bordes de grano y forma subgranos localmente. La calcita forma tanto bandas de granos elongados extensamente recrystalizados, como porfiroclastos. La esfena forma típicamente porfiroblastos y poiquiloblastos subidioblásticos con sombras de presión asimétricas, que engloban a la Sp como inclusiones rectas y sigmoidales, resultando su blastesis de sin- a tardi-Sp. La pumpellita forma agregados fibroso-radiales elongados según la Sp.

3.1.1.9. Mármoles con fengita

Los mármoles con fengita son de grano medio a fino, de coloración blanca a gris clara, y estructura masiva, bandeada o microbandeada. Aparecen en los niveles estructuralmente más altos de la unidad, donde alternan con calco-esquistos y esquistos con glaucofana. Derivan de protolitos carbonatados bastante puros, donde las impurezas de filosilicatos o cuarzo accesorios se localizan en hiladas heredadas de la estratificación. No obstante, no quedan restos ni de la minerología ni de las texturas originales, ya que han sido completamente borradas por el tectonometamorfismo. A escala de afloramiento pueden exhibir un bandeo composicional definido por la alterancia milimétrica de niveles de diferente tamaño de grano, composición calcítica o dolomítica, presencia de opacos, o intensidad de la deformación por cizallamiento dúctil. El aragonito aparece preservado en algunas rocas como dominios porfiroclásticos de granos xenoblásticos, que presentan texturas de deformación plástica intracristalina. En los mármoles dolomíticos bandeados, las bandas y boudines de dolomita presentan un tamaño de grano muy fino mientras que las de calcita presentan un tamaño de grano defino a medio. Todos ellos presentan una muy penetrativa fábrica plano-linear, Sp-Lp, en la que la lineación mineral y de estiramiento está definida por la elongación agregados elipsoidales de calcita.

A la microescala presentan una textura granolepidoblástica microbandeada, esencialmente compuesta por un agregado monominerálico de calcita, en el que pueden aparecer también dolomita, aragonito, clorita, fengita, cuarzo, albita, rutilo, ilmenita, esfena, epidota? y opacos. En el agregado, tanto la calcita como el cuarzo han recrystalizado dinámicamente formando bandas granoblásticas elongadas paralelamente a la Sp, caracterizadas por el desarrollo de una fábrica asimétrica en la forma de los granos (no-coaxial). La calcita forma granos

recristalizados de mayor tamaño que reemplazan a agregados de menor tamaño maclados y a la dolomita. Donde aparecen, la foliación queda redefinida por la presencia de hiladas o niveles submilimétricos ricos en lepidoblastos subparalelos de clorita y fengita, así como por la acumulación de opacos.

3.1.1.10. Mármoles masivos y bandeados

En el resto de la unidad de Santa Bárbara, las intercalaciones de mármoles son de grano fino y muy fino, tonos blancos a gris-azul claro a oscuro, alternantes, de estructura masiva o bandeda, frecuentemente con la estratificación preservada pero fuertemente boudinada, plegada isoclinamente o cizallada. En general presentan una fuerte fábrica plano-linear (Sp-Lp), aunque variablemente recristalizada, en la que la Lp queda definida por la elongación de fibras y agregados de calcita. La Sp está reforzada por la alterancia milimétrica de niveles alternativamente claros y oscuros, el bandeo textural de tamaño de grano, o el bandeo composicional calcita-dolomita.

Al microscopio, los mármoles están constituidos por un agregado granoblástico xenoblástico elongado, de grano fino a muy fino, esencialmente compuesto por calcita (o dolomía), de contactos intercrecidos e irregulares, con algún grano disperso de cuarzo u opacos. Los carbonatos han recristalizado dinámicamente formando bandas en las que los granos individuales presentan una fábrica interna cristalográfica asimétrica, así como un contorno elongado en una dirección ligeramente oblicua a la Sp, que en general denotan el carácter no-coaxial de la deformación, que consistió en un cizallamiento a baja-T. En estas bandas, la calcita exhibe texturas de deformación plástica y recristalización dinámica, tales como doblamiento de maclas, extinción ondulante, formación de subgranos y rotación de bordes de grano.

3.1.2. Petrología de la Unidad de Mármoles de Majaqual-Los Cacaos

3.1.2.1. Descripción de los materiales

En el conjunto de la península de Samaná (Hojas de las Galeras, Santa Bárbara de Samaná y Sánchez), los tipos petrográficos estudiados son mármoles calcíticos masivos, microbandedos y miloníticos (6373IJE8155, 6373IJE8156, 6373IVJE8231 y 6373IVJE8234), calizas marmóreas recristalizadas (6373VIJE8235), calcoesquistos con

fengita y mica marrón (6373IJE9144D, 6373IJE8153, 6373IVJE9050A y 6373IVJE9054B) y miloníticos (6373IVJE9049A y 6373IVJE9049B).

3.1.2.2. Mármoles calcíticos masivos y microbandeados, miloníticos

La unidad está esencialmente compuesta por mármoles de grano fino, tonos blanco-grisáceos a azulados claros, caracterizados por el desarrollo de una intensa fábrica plano-linear, Sp-Lp. Derivan de sedimentos carbonatados muy puros, con muy escasas intercalaciones submilimétricas de opacos de grano muy fino, posiblemente dispuestos en los interestratos de la estratificación S0 original. En estos mármoles, la deformación dúctil consistió en un cizallamiento no-coaxial, que produjo mediante procesos de deformación plástica y de recristalización dinámica, la formación de un agregado granoblástico de calcita sub-equigranular, elongado paralelamente a la Sp y estirado según la Lp. La deformación ha producido en los niveles estructurales más bajos de la unidad mármoles porfiroclásticos y miloníticos.

Los mármoles están mineralógicamente compuestos por calcita, con fengita, cuarzo, grafito y opacos como accesorios. A la microescala, se distinguen dos tipos texturales de calcita: granos claros de relativo mayor tamaño de grano y cristalinidad; y granos oscuros de menor tamaño, turbios por la abundancia de microinclusiones de material grafitoso y opacos. Las bandas de menor tamaño de grano son producto de la reducción del tamaño de grano y aparecen microplegadas, boudinadas asimétricamente y cizalladas, particularmente en las rocas miloníticas. Debido a su mayor competencia, a menudo son rotas y estiradas paralelamente a la lineación Lp, así como forman al fragmentarse porfiroclastos redondeados con colas de presión asimétricas. En el agregado de calcita se observan microtexturas tales como: extinción ondulante y formación de pequeños subgranos elongados oblicuamente un alto ángulo respecto a la Sp, principalmente mediante procesos de rotación de bordes de grano y con muy limitada formación de granos nuevos. Por lo tanto, la deformación del mármol tuvo lugar a relativa baja temperatura.

3.1.2.3. Calcoesquistos con fengita y mica marrón

Los calcoesquistos son rocas de grano fino y tonos blancos y grises, que alternan a la escala milimétrica con mármoles silíceos más o menos impuros. Presentan una penetrativa fábrica plano-linear, Sp-Lp, tendente a un microbandeado composicional cuarzo-calcita-

micas, según los niveles, a la escala milimétrica. Aparentemente, los calcoesquistos abundan hacia la base estructural de la unidad. Derivan de protolitos pelítico-carbonatados.

Al microscopio presentan texturas granolepidoblásticas microbandeadas, porfiroclásticas y miloníticas. Su composición mineral incluye calcita, cuarzo, clorita y fengita como esenciales, con albita (que puede ser también principal), esfena, pirita, rutilo, ilmenita, óxidos Fe-Ti, material grafitoso y opacos como accesorios. La asociación es sincinemática respecto a la fábrica dúctil plano-linear (Sp-Lp) principal. El agregado granoblástico es de grano fino a muy fino, y está estructurado en niveles milimétricos alternativamente ricos en calcita, micas y cuarzo, que definen el microbandeado Sp. Contribuyen en su definición lepidoblastos de fengita y clorita orientados paralelamente. La Sp aparece en las rocas más deformadas y ondulada por *shears bands* sintéticos al movimiento, dando lugar a una fábrica SCC espaciada. La calcita forma agregados de granos que han recristalizado extensamente a formas ovoides elongadas paralelamente a la Sp. Exhiben texturas de deformación plástica como extinción ondulante, arqueamiento maclado, poligonización y recristalización de nuevos granos. El cuarzo forma también forma agregados de granos elongados según la Sp. Frecuentemente, el material grafitoso, la pirita o los opacos son modalmente muy abundantes, apareciendo dispersos por el agregado de calcita. La pirita forma también porfiroclastos submilimétricos con sombras de presión asimétricas.

3.1.2.4. Calizas marmóreas recristalizadas

Se incluyen metasedimento carbonatados puros, que han sido transformados durante la evolución tectónica y metamórfica a una caliza marmórea de grano fino y fábrica planar, Sp. En general, en estas rocas ha tenido lugar una trasposición completa de la minerología y texturas originales. La deformación consistió en un cizallamiento dúctil-frágil no-coaxial, que produjo la deformación y recristalización total de la roca, con formación de un agregado granoblástico de calcita de grano muy fino, generalmente elongado paralelamente a la Sp. Texturalmente, la calcita al microscopio es de grano muy fino a critocristalina, en la que resulta difícil visualizar las microtexturas. En el agregado se destacan algunos granos claros de mayor cristalinidad, que aparecen boudinados asimétricamente y cizallados, posiblemente debido a su mayor competencia. Estas microtexturas sugieren que la deformación de la caliza marmórea tuvo lugar a relativa baja T, posiblemente en condiciones anquimetamórficas. En estas rocas también aparecen bandas y horizontes de mayor deformación, en los que tiene lugar una marcada reducción del tamaño de grano, así como

el desarrollo de sistemas de grietas y venas de extensión calcíticas que son rotadas consistentemente durante el cizallamiento.

3.2. Geoquímica

Como se ha mencionado anteriormente en el contexto del presente proyecto se han estudiado desde un punto de vista geoquímico únicamente las intercalaciones y bloques de eclogitas, esquistos azules con granate y glaucofanitas de la unidad de Punta Balandra. Dado que esta unidad no está representada en la presente Hoja de Sánchez no se ha considerado apropiado la incorporación de estos datos en esta memoria. Su consulta se puede realizar en las memorias de Hojas contiguas de Santa Bárbara de Samaná y Las Galeras.

3.3. Geocronología

En el conjunto del complejo de basamento de Samaná se recogieron muestras para su análisis geocronológico mediante el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ e interpretación. La Tabla 3.3.1 recoge las principales características de dichas muestras (Gabites, 2010).

Tabla 3.3.1. Resultados de los análisis por el método Ar-Ar							
Sample	X	Y	Unidad	Hoja	Age (Ma)	Error (Ma)	Notas
6373IVJE8345	- 69,16558	19,26460	Márm. El Rincón	Las Galeras	26,35	0,67	Phg, Plateau
6373IVJE8345	- 69,16558	19,26460	Esq. Sta. Bárnara	Las Galeras	25,92	0,28	Phg, Plateau
6373IJE8347	- 69,22258	19,19013	Esq. Sta. Bárnara	Las Galeras	28,3	1,9	No plateau
6373IJE8347	- 69,22258	19,19013	Esq. Sta. Bárnara	Las Galeras	27,8	9,1	Phg, Plateau
6373IVJE8348	- 69,32271	19,22118	Esq. Sta. Bárnara	Santa Bárbara de Samaná	-	-	-
6373IVJE8345; CALCOESQUISTO CON FENGITA Y CLORITA MILONÍTICO							
6373IJE8347; CALCOESQUISTO CON EPIDOTA, FENGITA Y CLORITA							
6373IVJE8348; CALCOESQUISTO CON LAWSONITA (<i>¿</i>), FENGITA Y CLORITA							

Los esquistos y calcoesquistos de las unidades de El Rincón y Santa Bárbara (Tabla 3.3.1), fueron seleccionados para datar por el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. La muestra 6373IVJE8345 es un calcoesquisto con fengita y clorita milonítico de grano fino. La edad plateau obtenida para la mica marrón es de $25,92\pm 0,28$ Ma. La muestra 6373IV8347 es un calcoesquisto con epidota, fengita y clorita de los niveles estructuralmente más altos de la unidad de Santa Bárbara. La edad (no Plateau) obtenida para la mica marrón es de $28,3\pm 1,9$ Ma.

Las dos edades Ar-Ar plateau o de fusión total obtenidas para la mica marrón se superponen dentro de los rangos de incertidumbre. Estas edades Oligoceno Superior son interpretadas como relativas al enfriamiento de las rocas metamórficas durante su exhumación. Sin embargo, la temperatura de cierre de la biotita y las bajas temperaturas experimentadas por estas rocas en condiciones de alta-P, sugieren que estas edades son próximas o ligeramente posteriores al pico térmico del metamorfismo. Si esta interpretación es correcta, el metamorfismo de alta-P y la posterior exhumación de estas unidades tuvo lugar posteriormente a la Unidad de Punta Balandra. A la escala regional, es preciso indicar que estas edades contrastan con la existencia de bloques de mármoles en la Fm Imbert del sector de Cabrera-Río San Juan, de edad Eoceno Inferior-Medio.

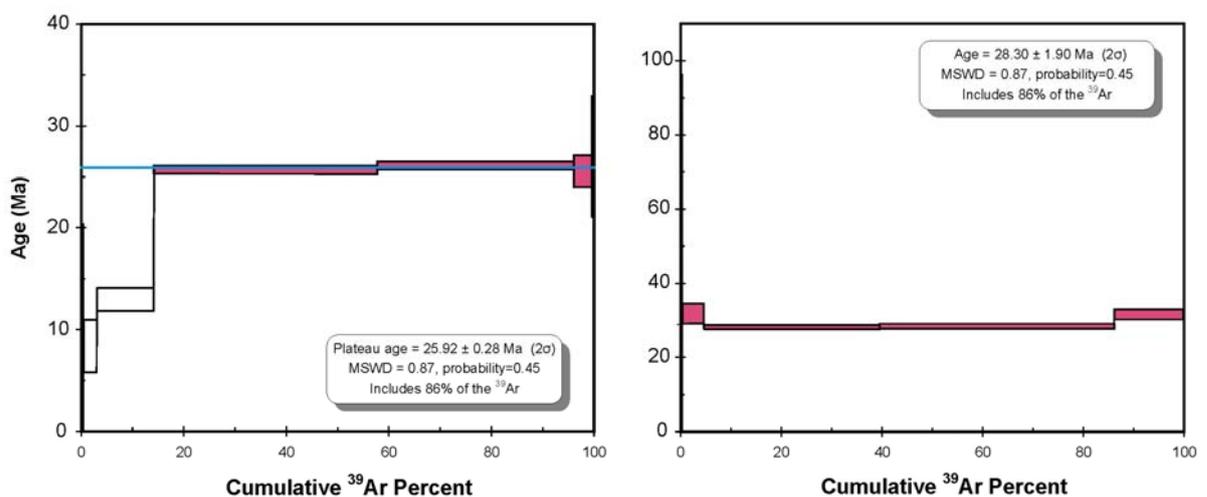


Fig. 3.3.1. Diagramas del espectro de ⁴⁰Ar/³⁹Ar en las micas marrones de los esquistos y calcoesquistos analizados del Complejo de Samaná. Las edades plateau fueron calculadas siguiendo las técnicas descritas por Jabites et al. (2010). En este trabajo se incluye también un resumen del experimento de calentamiento incremental ⁴⁰Ar-³⁹Ar.

4. TECTÓNICA

4.1. Contexto geológico-estructural regional

El dominio de la Cordillera Septentrional-Península de Samaná consiste en un apilamiento de grandes unidades cabalgantes o mantos, que estructuran un prisma de acreción/colisión (Fig. 4.1.1). Para su sector oriental y en orden ascendente, las principales unidades tectónicas son: (1) un cinturón de rocas de alta-P, que comprende varias sub-unidades o mantos en la Península de Samaná, compuestos por una secuencia mesozoica de plataforma, probablemente despegada de su basamento oceánico que no aflora; (2) un manto de tipo mélange, compuesto por rocas ofiolíticas y metamórficas de alta-P inmersas en una matriz serpentinitica, cubierto por rocas clásticas eoceno-oligocenas; y (3) una unidad superior compuesta por al menos dos sub-unidades, las anfibolitas y metagabros de La Cuaba inferior, y los esquistos de Puerca Gorda-El Guineal superior. El conjunto está cubierto por sedimentos siliciclásticos y carbonatados que rellenan cuencas formadas desde el Mioceno hasta la actualidad.

Todo el dominio de la Cordillera Septentrional - Península de Samaná ha sido afectado por una tectónica de gran escala de desgarres sinistros. Esta tectónica transpresiva comenzó, al menos, en el Paleógeno Inferior (Mann et al., 2002, 2005). Los desgarres sinistros en el dominio son generalmente considerados como el resultado de la colisión oblicua con Norte America, y ocurrió y ocurre tanto en el antearco como en el arco propiamente dicho y la trasera del arco. En este sentido, toda la isla de La Española es con posterioridad a la colisión y hasta la actualidad, más bien un cinturón transpresivo intraplaca, no un borde de placa destructivo ni un arco isla activo.

4.2. Macroestructura de la Península de Samaná

La geología de la Península de Samaná está compuesta por cuatro elementos: (1) un complejo metamórfico; (2) un grupo de formaciones conglomeráticas o brechoides y margocalcáreas y arcillosas en facies marinas y continentales, de edad Mioceno o Mioceno-Pleistoceno, que se disponen basculadas y plegadas discordantes sobre el borde sur del complejo metamórfico a lo largo de la vertiente meridional de la sierra de Samaná; (3) la Fm Los Haitises, de edad Mioceno a Pleistoceno, que se dispone ligeramente basculada o

subhorizontal sobre la parte central y septentrional del complejo; y (4) un conjunto de formaciones superficiales de edad Holoceno.

La estructura interna del complejo metamórfico de Samaná se ha interpretado como un apilamiento imbricado de láminas de rocas esencialmente metasedimentarias mesozoicas de alta-P con buzamiento hacia el SE y S (Escuder-Viruete y Perez Estaun, 2006). Ascendiendo en la secuencia estructural de norte a sur y separadas por zonas de falla de gran escala, estas unidades son (Fig. 4.4.2): Filitas de Playa Colorado (FPC); Mármoles de El Rincón (MER); Esquistos de Santa Bárbara (ESB); Unidad de Punta Balandra (UPB); y Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos (MMC). Además, a techo de la Unidad de Punta Balandra se distingue una subunidad de espesor decamétrico (no representada en la cartografía a E. 1:50000), compuesta por una mélangé tectónica con bloques de serpentinitas, eclogitas y metasedimentos. En el complejo aparecen además varios lentejones decamétricos de peridotitas serpentinizadas y serpentinitas, emplazados tectónicamente a lo largo de las zonas de desgarre.

El corte estructural más completo del complejo metamórfico (Fig. 4.4.3) se obtiene en diversas transversales orientales de la península. Buena parte de los datos que se presentan en este capítulo referidos a la estructura interna del conjunto del complejo metamórfico proceden de las observaciones realizadas en estas transversales durante la elaboración de las Hojas contiguas de Santa Bárbara de Samaná y Las Galeras (Escuder Viruete c y d) Así mismo, el estudio del metamorfismo de las rocas de este complejo se ha realizado a partir del estudio de dichas transversales orientales donde están representadas todas las unidades del complejo y se puede consultar en las memorias de dichas Hojas.

La estructura general de la península de Samaná está dominada por numerosas fallas tardías. Estas fallas son desgarres subverticales que definen un sistema geométrica y cinemáticamente relacionado con la zona de falla Septentrional. Su movimiento desde (al menos) finales del Neógeno hasta la actualidad como desgarre sinistral inverso ha producido: la transposición de algunos contactos entre las unidades metamórficas y la intrusión tectónica de peridotitas; el levantamiento de la península con el desarrollo de formaciones conglomeráticas y brechoides singenéticas; el plegamiento (o fuerte basculamiento) de éstas junto con el de las formaciones relacionadas aflorantes en la vertiente meridional de la sierra de Samaná; y el basculamiento hacia el norte de la Fm Los Haitises.

La traza actual o subactual de la falla Septentrional discurre justo al sur de la península siguiendo una dirección ONO-ESE a O-E. Esta traza se deduce a partir de la forma de la anomalía magnética que revela su presencia bajo los depósitos holocenos del Gran Estero y en el área sumergida de la bahía, así como de la batimetría del fondo marino de ésta, y del levantamiento tectónico de formaciones bioconstruidas holocenas que forman cayos.

La Fig. 4.4.4 muestra el esquema estructural de la Hoja de Sanchez, y la Fig. 4.4.5, los cortes geológicos que acompañan la Hoja.

4.3. Estructuras e Historia Deformativa

Para obtener la historia deformativa de los materiales representados en la Península de Samaná, se realizaron detallados estudios estructurales a la mesoescala, tanto en las zonas de contacto como en el interior de todas las unidades o mantos que constituyen el complejo metamórfico, así como la cobertera de rocas sedimentarias Neógenas. En base principalmente a las relaciones microestructurales de las paragénesis minerales y los criterios de superposición de macro y mesoestructuras, se han reconocido conjuntos de estructuras formadas durante tres eventos deformativos principales de tipo dúctil (D1-D3). De ellas, en la Hoja de Sánchez sólo se han reconocido con claridad en el campo los eventos D2 y D3, y el D1, como relicto, sólo en lámina delgada. En los sectores orientales de la península (Hojas de Santa Bárbara de Samaná y Las Galeras; Escuder Viruete c y d) se describen además otras dos fases posteriores (de tipo dúctil-fragil - D4 - o frágil - D5-), que no se han identificado en la presente Hoja de Sánchez. La Fig. 4.4.6 muestra la proyección estereográfica de los elementos estructurales de las deformaciones D2 y D3 identificadas en la Hoja de Sanchez.

Para una mayor claridad, se describen a continuación, en primer lugar, las estructuras y fábricas (y las relaciones de deformación/metamorfismo) de la deformación dúctil dominante D2, y se continúa con las deformaciones anteriores y posteriores respectivamente. Las estructuras y fábricas D1 han sido intensamente modificadas y transpuestas, por lo tanto sólo se ha podido recuperar una muy limitada información sobre su geometría y cinemática.

Para finalizar se describe la deformación más reciente que afecta a todo el conjunto de rocas presentes en la península relacionada con la tectónica de desgarres y más concretamente con el movimiento de la zona de falla Septentrional.

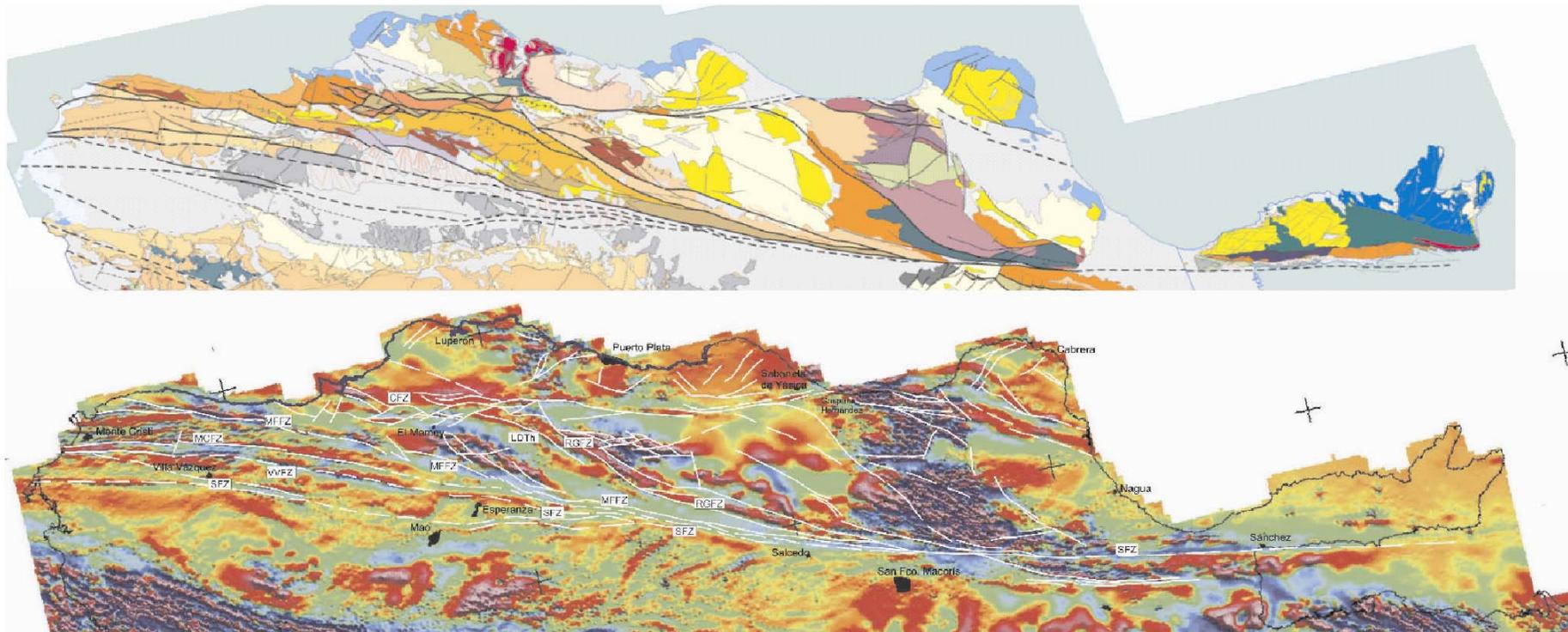


Fig. 4.1.1. (arriba) Mapa geológico esquemático de la Cordillera Septentrional; (abajo) Mapa magnético esquemático de la Cordillera Septentrional con indicación de las principales zonas de falla y macroestructuras (tomada de Escuder Viruete 2010 c y b)

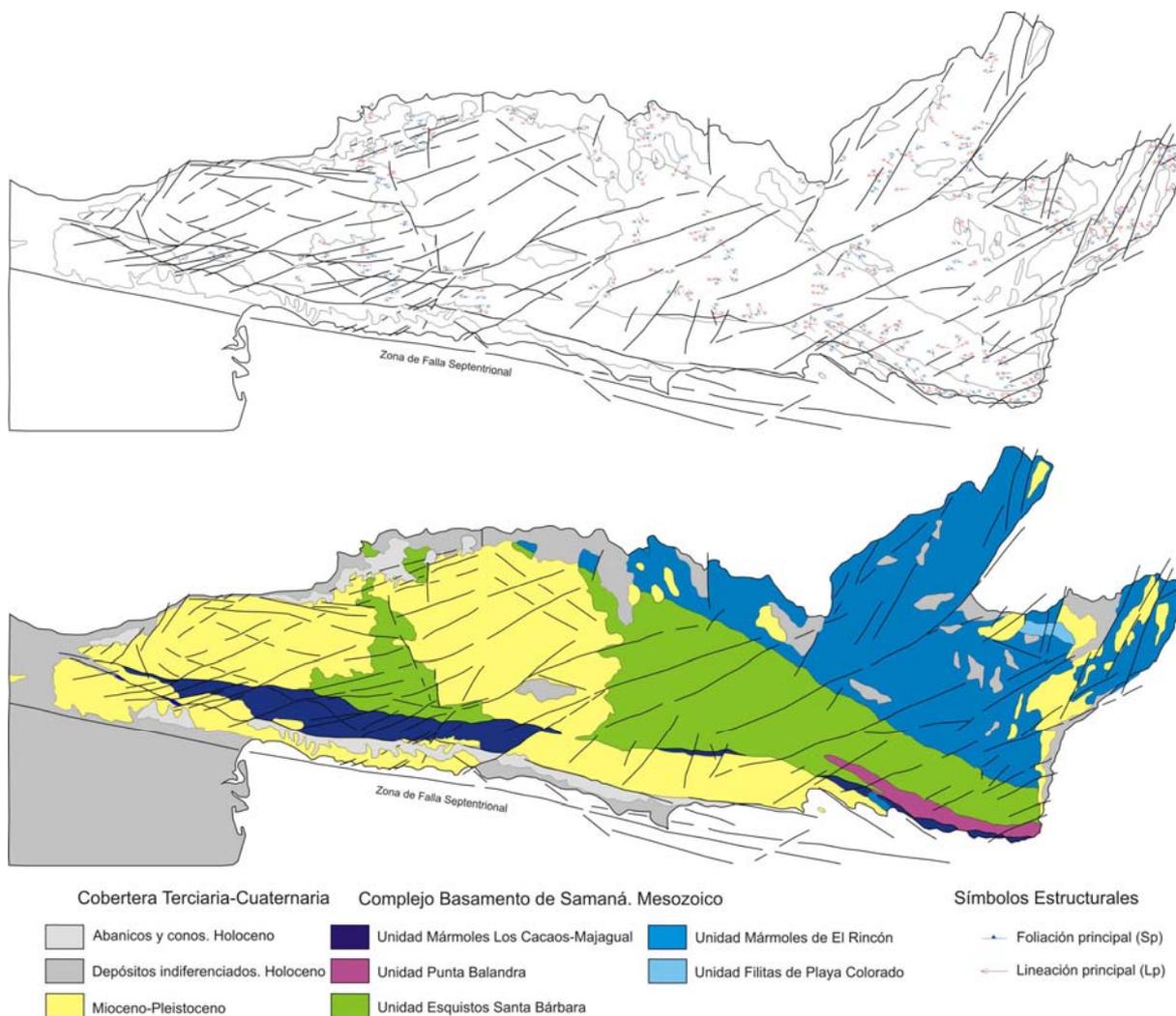
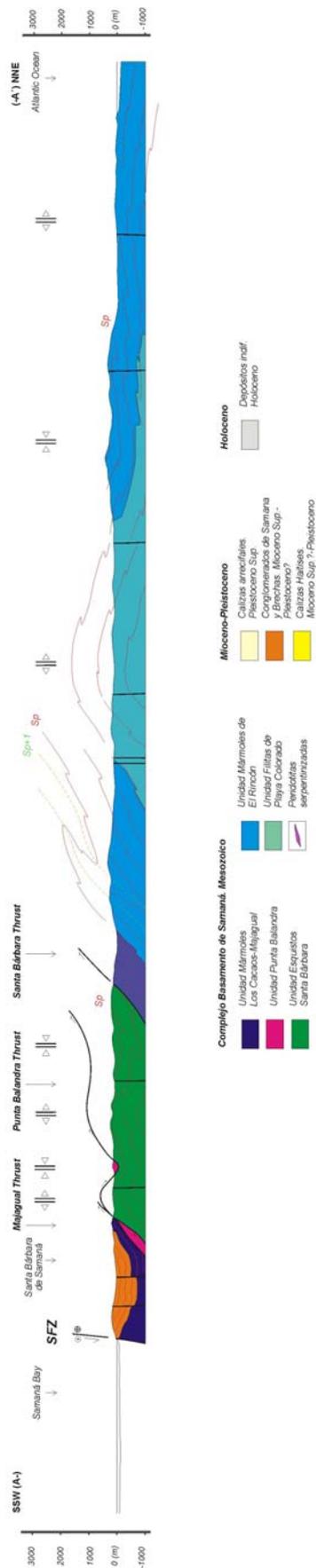
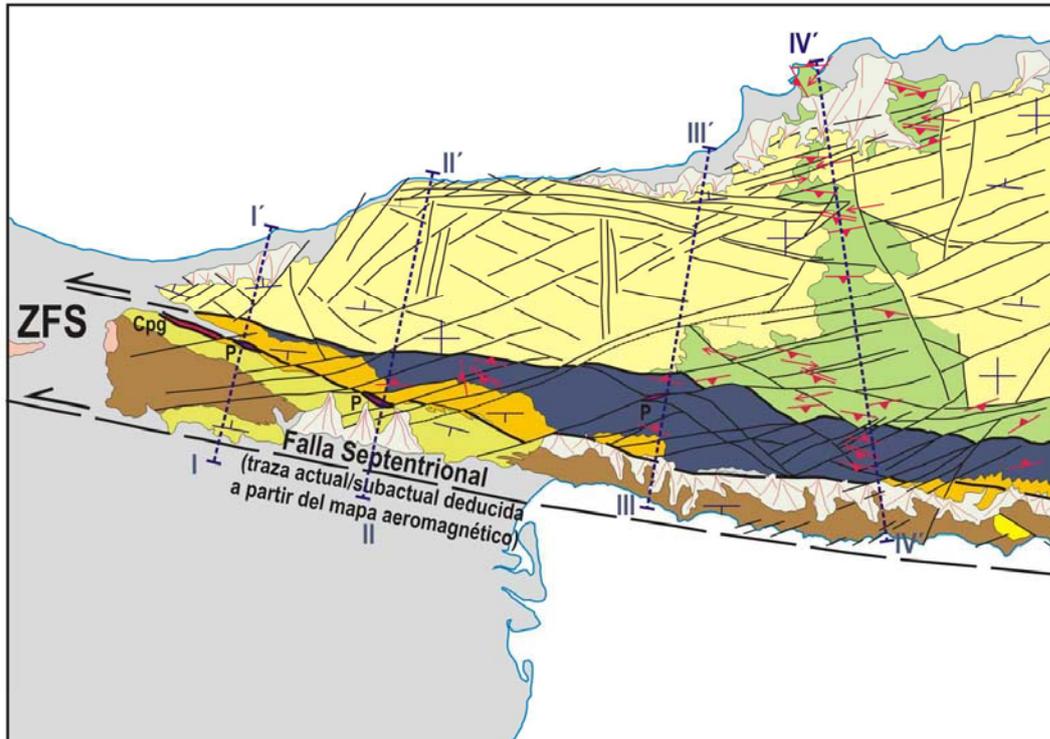


Fig. 4.4.2. Mapa estructural esquemático de la Península de Samaná: (arriba) símbolos estructurales; (abajo) unidades estructurales o mantos ((adaptada de Escuder Viruete 2010 c y b)

Fig. 4.4.3. (página siguiente) Corte geológico esquemático de la Península de Samaná siguiendo la transversal de Santa Bárbara de Samaná en la Hoja con este mismo nombre. (tomada de Escuder Viruete 2010 c y b)



HOJA DE SÁNCHEZ ESQUEMA ESTRUCTURAL



CUATERNARIO (Holoceno)

- Abanicos y conos. Holoceno
- Depósitos litorales indiferenciados, llanura de inundación y cienagas. Holoceno

MIOCENO-PLEISTOCENO

- Bioconstrucciones arrecifales Pleistoceno Sup.
- Arcillas del Río Boba Pleistoceno Sup
- Fm Sánchez. Plioceno Sup.-Pleistoceno
- Fm Las Canoas. Mioceno Sup.-Pleistoceno
- Brechas de Majagual y conglomerados de Samaná. Mioceno sup-Pleistoceno
- Fm Los Haitises. ¿Mioceno Sup.-Pleistoceno Inferior
- Conglomerado de La Piragua. Mioceno Medio

COMPLEJO METAMÓRFICO DE SAMANÁ

- Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos Edad indeterminada
- Unidad de Esquistos de Santa Bárbara Edad indeterminada
- Peridotita serpentizada
- Dirección y buzamiento preferente de la estratificación (So)
- Estratificación subhorizontal
- Dirección y buzamiento preferente de la esquistosidad principal (Sp)
- Inmersión preferente de la lineación mineral (Lm)
- Dirección y buzamiento preferente del clivaje de crenulación (Scr)
- Fallas o límites tectónicos de primer orden

ZFS: Zona de Falla Septentrional

Traza de corte geológico

Fig. 4.4.4. Esquema estructural de la Hoja de Sánchez

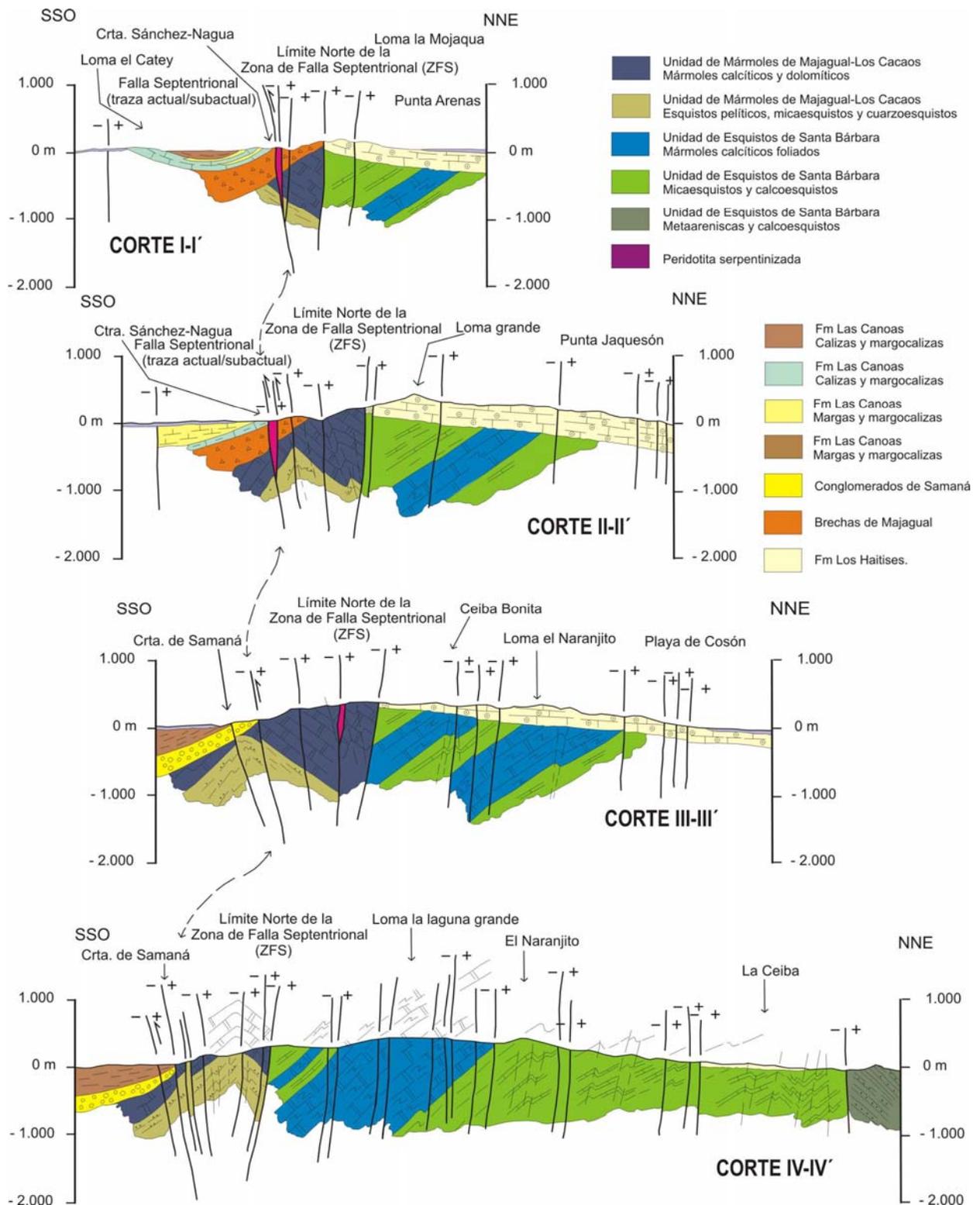
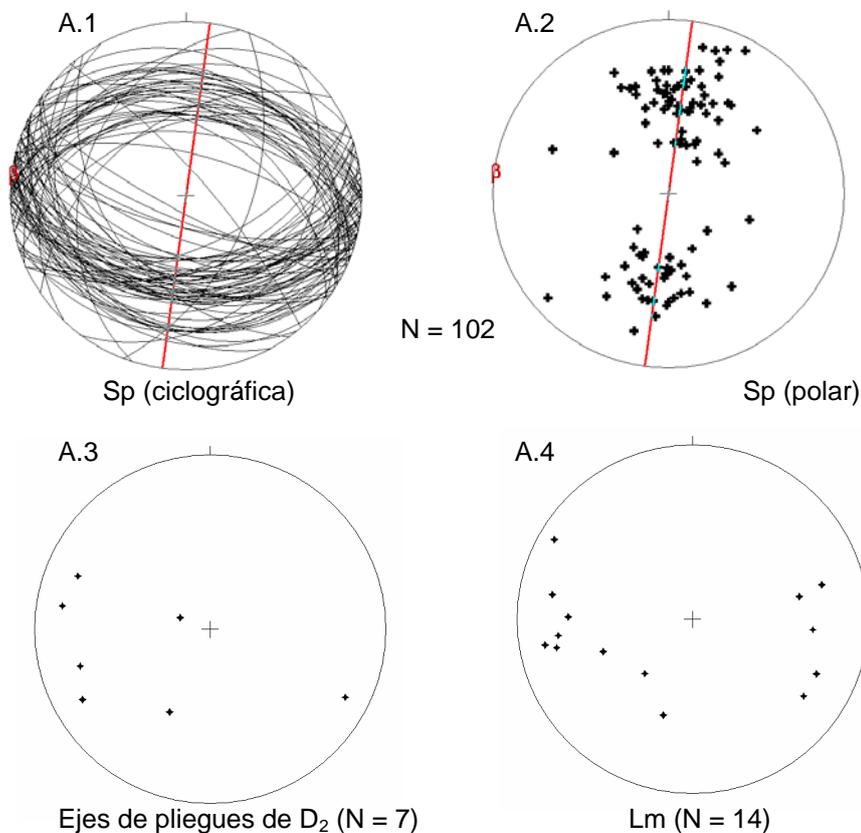


Fig. 4.4.5. Cortes geológicos de la Hoja de Sánchez . Ver situación en fig 4.4.4

A) Proyección de los elementos de estructuras de fase D₂



B) Proyección de los elementos de estructuras de fase D₃

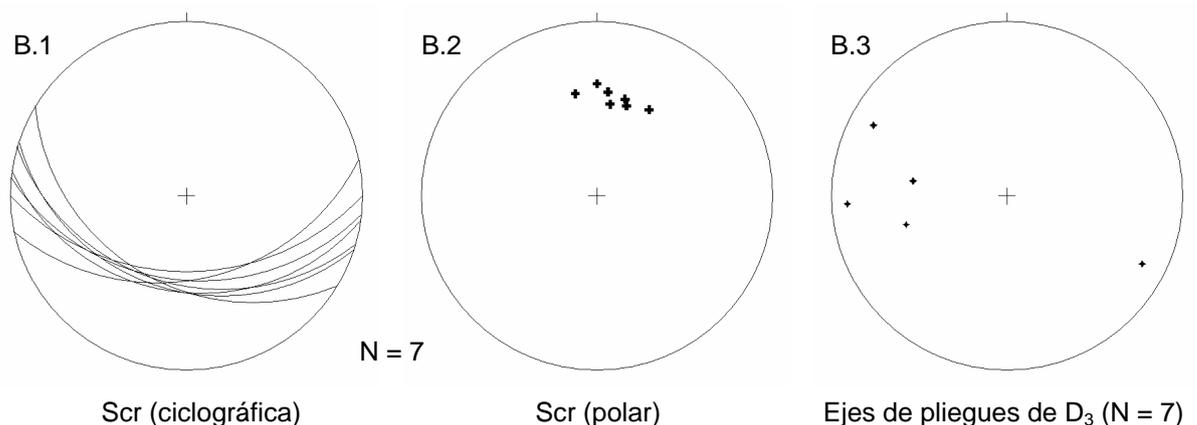


Fig. 4.4.6. Proyecciones estereográficas de los elementos estructurales de fase D₂ (A) y D₃ (B). A.1 y A.2: Proyecciones ciclográfica y polar (respectivamente) de medidas de la esquistosidad o clivaje principal (Sp); en **rojo** se incluye el círculo máximo con mejor ajuste y su polo (β), que indica la posición media estimada del eje de plegamiento de fase D₃ (comparar con proyección B.3); A.3: Medidas de ejes de pliegues de D₂; A.4: Medidas de la lineación de estiramiento mineral (Lm). B.1 y B.2: Proyecciones ciclográfica y polar (respectivamente) de medidas de la esquistosidad o clivaje de crenulación (Scr) de fase D₃; B.3: Medidas de ejes de pliegues de D₃.

4.3.1. Deformación D2

La deformación D2 es responsable de la foliación principal S2 (Sp) de medio a bajo ángulo de buzamiento al SO observable en gran parte del complejo de Samaná y absolutamente dominante en la Hoja de Sánchez. Las mesoestructuras típicas de la deformación dúctil D2 incluyen: pliegues asimétricos e isoclinales, a menudo con los flancos cizallados y de estilo similar, de ejes de dirección predominante ONO-ESE subparalela a la lineación de estiramiento mineral (Figs. 4.4.2 a 4.4.6) lo que sugiere su rotación hasta el paralelismo con ésta; boudinage frecuentemente asimétrico de la S2; venas de segregación de cuarzo y/o calcita; y bandas de cizalla S-C penetrativas. La foliación S2 es a menudo una fábrica milonítica S-C de tipo II (Lister y Snoke, 1984) desarrollada en condiciones metamórficas de alta-P. La lineación de estiramiento mineral L2 visible en los planos S2, S o C es predominantemente ONO-ESE a O-E (Fig. 4.4.6), con ángulos de inmersión bajos (<30°). Está marcada por los agregados elongados y rods de cuarzo, la orientación preferente de las láminas de fengita y clorita, de los agregados de mica-clorita que reemplazan a las fibras de carfolita, y las sombras de presión en torno a los porfiroblastos de lawsonita, epidota y esfena, así como por la elongación de los poiquiloblastos tardíos de albita. Estos indicadores indican un descenso de las condiciones metamórficas de P y T durante D2 (desde la facies de esquistos azules superior a la inferior y a los esquistos verdes). Las fábricas oblicuas de forma de granos en agregados de cuarzo y las fábricas S-C indican consistentemente en todas las unidades del complejo un sentido de cizalla de techo hacia el E y NE durante D2.

En la Hoja de Sánchez los pliegues D2 tienen una exposición muy limitada y puntual; el mejor ejemplo se localiza en la subida a una explanación abandonada junto al río Las Terrenas (desde la pista de circunvalación a esta localidad). Estos pliegues muestran una intensa lineación de estiramiento mineral paralela a sus ejes (L2), y las fábricas de plano axial S2 contienen asociaciones minerales similares de progresiva menores P y T. Los flancos de los pliegues D2 aparecen casi invariablemente boudinados, indicando generalmente su orientación y asimetría una dirección de extensión dirigida al SE paralela a los ejes de los pliegues.

Las trazas de la fábrica S2 son regionalmente paralelas a los contactos entre unidades estructurales o mantos del complejo, por lo que su apilamiento se interpreta fue durante D2.

Sin embargo, hacia el contacto entre unidades y durante los estadios avanzados de D2 se han desarrollado zonas de cizalla dúctil retrógradas de espesor de decamétrico a hectométrico. Estas zonas se caracterizan por el desarrollo superpuesto de una S2 muy penetrativa y de menor tamaño de grano, bandas de apretado plegamiento cilíndrico a no cilíndrico, intenso boudinage asimétrico y una muy penetrativa lineación de estiramiento L2, de dirección NNO-SSE a N-S y NNE-SSO e inmersión al S de bajo y medio ángulo. Estas bandas de cizalla no se han llegado a identificar, salvo muy puntualmente, en la Hoja de Sánchez. Las sombras de presión asimétricas en torno a porfiroclastos de granate, glaucófana, lawsonita, epidota, fengitas ricas en Si, y biotita indican la estabilidad de asociaciones minerales propias de la facies de esquistos verdes. En la fábrica S2 tardía los indicadores cinemáticos reconocidos en los sectores orientales de la península (Hojas de Santa Bárbara de Samaná y Las Galeras; Escuder Viruete c y d) establecen un uniforme sentido de cizalla paralelo a la L2 de techo hacia el N y NNE.

4.3.2. Deformación previa D1

Aunque el apilamiento de unidades tectónicas y gran parte de la deformación y plegamiento observado en el campo son consecuencia de la deformación D2, en la parte oriental del complejo se observan meso y microestructuras que predatan a la D2 y tuvieron lugar bajo condiciones de alta-P (p.e. en las unidades de los Mármoles de El Rincón y las Filitas de Playa Colorada en las Hojas de Santa Bárbara de Samaná y Las Galeras; Escuder Viruete c y d) . Sin embargo, la distinción entre ambos eventos deformativos no ha podido ser claramente establecida, debido en particular a la similitud cinemática entre ambas deformaciones y del hecho de que D2 también comenzó durante las condiciones metamórficas de alta-P.

En el resto de las unidades del Complejo de Samaná, las estructuras e indicadores cinemáticos D1 están en gran medida superpuestas y obliteradas por las fábricas y estructuras D2. Los restos de D1 son principalmente pliegues de orientación actual para sus ejes de N-S a ONO-ESE, y vergencia hacia el N y E. Al microscopio, los restos de la S1 microplegada aparecen muy frecuentemente preservados en microlitones S2, como arcos poligonales y porfiroclastos de micas pre-S2 de diferente composición químico-mineral, así trayectorias de inclusiones sigmoidales y oblicuas en el interior de porfiroclastos y porfiroblastos sin-S2.

4.3.3. Deformación posterior D3

D3 fue una deformación discontinua mucho menos penetrativa que las previas D1 y D2, pero que retoca la macroestructura derivada de las fases anteriores resultando en una geometría relativamente próxima a la actual. La distribución de las estructuras D3 está muy condicionada por el comportamiento reológico de las diferentes unidades a las que afecta. En la Hoja de Sánchez se refleja en el plegamiento, generalmente con vergencia norte de la fábrica principal (Sp) de fase D2 y por el desarrollo de una esquistosidad de crenulación poco penetrativa y sólo reconocible en determinados puntos.

Las estructuras formadas durante la deformación D3 son pliegues de plano axial subvertical o inclinado hacia el SO, con flancos abiertos o apretados, de escala centimétrica a kilométrica, y con ejes de dirección NO-SE a O-E y bajo ángulo de inmersión tanto al NO como al SE, esencialmente homoaxiales con la L2 (Figs. 4.4.3 a 4.4.6). Algunos pliegues D3 están acompañados por una esquistosidad de plano axial S_{cr} (=S3), espaciada o de crenulación ligeramente penetrativa, subvertical o buzando generalmente al SSO con ángulos medios y altos, en cuyo caso se desarrolla sobre la Sp una lineación de intersección L_{cr} (=L3) paralela a sus ejes. Los pliegues D3 de gran escala definen un conjunto de antiformes y sinformes subverticales o moderadamente vergentes al NE (Figs. 4.4.3 y 4.4.5), los cuales pliegan cartográficamente a la S2, a los contactos entre unidades tectónicas y a las isogradas del metamorfismo M2. En la Hoja de Sánchez se interpreta que la estructura anticlinal que pliega la unidad de Los Mármoles de Majagual (y lleva puntualmente asociado un clivaje de plano axial) corresponde esencialmente a esta fase, aunque es una estructura que ha podido ser reapretada por fases de deformación más recientes relacionadas con el movimiento de la zona de falla Septentrional.

4.3.6. Transpresión asociada a la zona de falla Septentrional

La zona de falla Septentrional produce un corredor de deformación frágil de entre 1 y 5 km de anchura localizado a lo largo del borde meridional de la Sierra de Samaná y la contigua franja costera de la península. El corredor afecta a los materiales del sustrato metamórfico, principalmente a la banda de mármoles de la unidad de Majagual-Los Cacaos, y a los materiales neógenos y pleistocenos que se disponen discordantes sobre ella. El corredor está definido por un sistema principal de desgarres subverticales de dirección predominante ONO-ESE a O-E, y movimiento senestral e inverso, que se disponen en relevo y transfieren sus

movimientos mediante sistemas asociados de (fallas) *riedels* (R1) con igual sentido de movimiento, produciendo conjuntamente una elevación neta del bloque circunscrito a la zona de falla (y del resto de la península) respecto al bloque situado al sur de la misma. La geometría de la deformación generada dentro del corredor tiene un reflejo muy evidente en la Hoja de Sánchez por: 1) la transposición de algunos contactos principales, especialmente el contacto entre las unidades de Esquistos de Santa Bárbara y los citados Mármoles de Majagual-Los Cacaos, o las discordancias basales de las unidades brechoideas y conglomeráticas y de la propia Fm Los Haitises (contacto meridional) ; 2) la alineación de pequeños asomos con fragmentos de peridotitas, probablemente a favor de pequeños puentes extensionales (*releasing bends*). La deformación transpresiva relacionada con el movimiento de esta zona de falla se manifiesta en el fuerte basculamiento de las series neógenas en las proximidades del relieve y su plegamiento con geometrías sinclinales (zona de El Catey), así como, muy probablemente, en el reapretamiento del anticlinal de fase D3 que inicialmente afectaba a la banda de mármoles de Majagual-Los Cacaos.

Aparte, la estructura frágil general del resto de la Península de Samaná está dominada por numerosas fallas que acusan registro principalmente en la Fm Los Haitises. Estas fallas constituyen zonas de falla y sistemas de fracturas subverticales, agrupables en dos familias conjugadas: la familia predominante senestral ONO-ESE a O-E y NNE-SSO-NE-SO a ENE-OSO; y la familia subordinada dextral NO-SE a NNO-SSE. Todas estas estructuras subverticales definen un sistema geométrica y cinemáticamente relacionado con la zona de falla Septentrional. Probablemente, la península de Samaná se puede interpretar en su conjunto como un bloque elevado dentro de un sistema *Riedel* senestro de gran escala, situado entre dos grandes zonas de falla: la Zona de Falla Septentrional al sur y la zona de deformación asociada a la Fosa de Puerto Rico-La Española.

5. GEOMORFOLOGÍA

5.1. Análisis geomorfológico

En el presente apartado 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, cuya representación aparece plasmada en el Mapa Geomorfológico a escala 1:100.000 de Sánchez (6273) atendiendo a su geometría, tamaño y génesis; el depósito que acompaña a algunas de estas formas (formaciones superficiales), se describe en el apartado correspondiente a la estratigrafía de los materiales cuaternarios

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.

5.1.1. Estudio morfoestructural

En la Hoja están representadas las unidades morfoestructurales de rango mayor que caracterizan la región: la Península de Samaná, como terminación oriental de la Cordillera Septentrional, a la que se asocia una pequeña orla litoral, y la planicie del Gran Estero, zona esencialmente pantanosa y de manglares que incluye la llanura aluvial del río Yuna y que hacia el norte enlaza con las estribaciones orientales de la Llanura Costera del Atlántico. Por tanto, el relieve de la Hoja está condicionado por la contrastada naturaleza de los materiales que conforman estos dominios y su disposición.

5.1.1.1. Formas estructurales

La influencia de la estructura en el origen y configuración del relieve queda reflejada en las denominadas formas estructurales. La alternancia de capas de roca con diferente respuesta al ataque de los agentes externos propicia la erosión diferencial reflejando en la morfología

caracteres geológicos estructurales. Es, por tanto, la estructura geológica la que controla el relieve. Los agentes externos sólo descubren y modelan sobre un patrón preestablecido.

Las formas estructurales tienen una importancia morfogénica notable en la Hoja de Sánchez. Esta hoja es estructuralmente compleja con movimientos en dirección y verticales a favor de diversas fallas o zonas de falla, especialmente la denominada zona de falla Septentrional. De ellas se han señalado algunas (o parte de algunas) con expresión morfológica clara. Aparte de la mencionada zona de falla, en la Sierra de Samaná se reconocen dos familias principales de fracturas, NO-SE y NE-SO, teniendo mayor expresión morfológica las primeras. También se ha reconocido un basculamiento de al menos el bloque occidental de la sierra, hacia el NE. En ocasiones, la presencia de rasgos morfológicos parece estar condicionada por una falla, sin que se tenga la total certeza de su existencia; en otras, las fallas parecen encontrarse bajo depósitos cuaternarios sin afectarlos, habiéndose representado en ambos casos como fallas supuestas.

En las partes altas de la sierra de Samana se ha generado una superficie estructural, definida por superficies regulares controladas por la existencia de una capa dura, competente, formada preferentemente por las calizas de la Fm Los Haitises y, a veces, los mármoles infrayacentes. Estas superficies se encuentran con un alto nivel de degradación, bien por la incisión de la red fluvial o, fundamentalmente, por la disolución química de carbonatos, que da lugar a una intensa karstificación.

Los límites de las superficies estructurales pueden ser muy abruptos mostrando escarpes estructurales más o menos importantes. Estos se desarrollan gracias a la existencia de una capa dura y no están vinculados necesariamente a la aparición de una plataforma pudiendo aparecer de forma individualizada. En la cartografía se han diferenciado atendiendo a su tamaño.

Otras formas estructurales cartografiadas son las crestas y los cerros cónicos, producto del contraste litológico y la diferente resistencia a la erosión de los materiales.

5.1.2. Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Península de Samana y la planicie del Gran Estero, tiene como resultado una expresión geomorfológica

sensiblemente diferente. Así, el modelado de la sierra de Samaná, igual que el de la Cordillera Septentrional, es el producto de una larga evolución presidida por los procesos geodinámicos internos acaecidos a lo largo del Cenozoico, generadores de relieves positivos, sobre los que han actuado, con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o modelado de dichos relieves, destacando los de carácter fluvial, gravitacional y kárstico.

En el caso de la planicie del Gran Estero, puede considerarse que la creación de su fisonomía básica arranca con los procesos más recientes (neógenos) de sedimentación de los materiales procedentes de las Cordilleras Central y Septentrional, y su acumulación hacia la salida oriental del Valle del Cibao.

El retrabajamiento en la costa por parte del océano es el responsable en última instancia del modelado de la bahía de Samaná. El agua del mar se adentra, en forma de agua salobre, al mezclarse con la dulce de los ríos, dando lugar a la formación de marismas. En zonas donde el agua de los ríos queda estancada sin salida al mar, se han formado ciénagas y áreas endorreicas muy abundantes en esta zona.

5.1.2.1. Formas gravitacionales

Pese a los desniveles existentes en el ámbito de la cordillera o sierra de Samaná, no se trata de formas excesivamente extendidas ni de dimensiones suficientes para su cartografía, en buena parte como consecuencia de la propia dinámica de retroceso de las vertientes, que permite su evolución permanente. Así, las únicas formas gravitacionales con representación en la cartografía son los coluviones, formados como respuesta al desequilibrio provocado por la erosión fluvial en las laderas de la vertiente sur.

5.1.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial

Son las formas más frecuentes en la Hoja de Sánchez aunque no alcanzan grandes dimensiones. Corresponden a los arroyos y cañadas que nacen en la sierra de Samaná y van a desembocar en el Atlántico, así como una estrecha franja asociada al río Yuna en la última parte de su camino hacia el mar, en la que se diferencia el cauce principal, la llanura de inundación antigua y la llanura de inundación actual.

Los fondos de valle aparecen representados en la vertiente sur de la sierra de Samaná. Estas formas suelen quedar delimitadas por rupturas de pendiente, más o menos pronunciadas, cóncavas, en ambas orillas a lo largo de su curso. Pueden presentar drenaje en su parte media o no. Cuando el drenaje incide el fondo de valle, se ha cartografiado como incisión lineal. A pesar de su aparente falta de funcionalidad forman parte de la red de drenaje y concentran la arroyada. Son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de en la red fluvial actual.

Entre las formas erosivas se han reconocido: marcas de incisión lineal y aristas de interfluvio.

También tienen representación conos de deyección o abanicos aluviales dispuestos al pie de los relieves de las vertientes de la sierra de Samaná. Su depósito se produce en la confluencia de los elementos de la red fluvial con áreas menos encajadas, en las cuales la carga transportada por aquellos pierde su confinamiento, expandiéndose. Las dimensiones de estos conos pueden ser importantes.

5.1.2.3. Formas y elementos de meteorización química

Se encuentran relacionadas principalmente con la intensa karstificación que afecta a los materiales calacóreos y marbóreos aflorantes de la sierra de Samaná, constituyendo extensas plataformas kársticas. Dichas áreas se manifiestan como un campo de dolinas, con abundantes formas de disolución de pequeña escala, de formas redondeadas o elipsoidales. Las aguas subterráneas aprovechan las zonas de debilidad del substrato debidas a la mineralogía, textura, densidad de fracturación generándose tendencias particulares en el desarrollo del relieve de un macizo rocoso. Se ha delimitado la zona de intensa karstificación.

5.1.2.4. Formas marinas-litorales y formas lacustres

Se concentran en toda la orla litoral de la península desde la bahía Escocesa en la costa Atlántica, hasta la bahía de Samaná, donde adquieren gran extensión debido al escaso desnivel en la zona de enlace con la planicie del Gran Estero.

Se conoce como Gran Estero a la gran llanura aluvial y deltaica del río Yuna que se extiende desde el Caño Estero Hondo en la bahía Escocesa, hasta la zona de su actual

desembocadura en la bahía de Samaná. En el delta predominan amplias zonas con terrenos pantanosos, como las ciénagas y las zonas endorreicas

Los materiales aportados por el Yuna a través del Caño Estero, y el Arroyo Caño Colorado hacia la Bahía Escocesa son redistribuidos por las corrientes marinas a lo largo de la costa. Como prueba de ello, un cordón litoral se extiende a lo largo de unos 15 km a lo largo de la costa, comenzando en la Hoja contigua al oeste, hasta Punta Jackson. Hacia el E, el cordón continúa por toda la costa norte bordeando la sierra de Samaná (hasta desaparecer en punta Morón – Hoja contigua al este -), formando playas angostas en las que varios arroyos aportan los materiales que posteriormente el mar va retrabajando. Puntualmente, la morfología de este cordón litoral está definida por el desarrollo longitudinal de dunas, sin entidad cartográfica en esta Hoja.

En la planicie del Gran Estero, la influencia de las mareas ha permitido un amplio desarrollo de las marismas. La marisma baja se localiza bajo la influencia de las mareas diarias y es colonizada por un manglar; alcanza una gran extensión en la orla litoral de la bahía con más de 4 km de anchura. La marisma alta se sitúa en la zona de influencia de las mareas excepcionales; debido a la baja pendiente del terreno, se extienden varios kilómetros hacia el interior que dando como zonas relictas en la actualidad dedicadas al cultivo. El detalle geomorfológico (sin representación cartográfica) de la zona incluye canales, brazos fluviales abandonados y lagunas mareales. Existen pequeñas zonas de marismas (y alguna zona pantanosa) en la orla costera septentrional en la parte trasera del cordón litoral.

En la orla costera meridional se observan puntualmente algunas formas tabulares asociadas al desarrollo de arrefices subactuales.

5.2. Evolución e historia geomorfológica

Aunque la morfología de la región está influenciada en última instancia por todos los procesos sedimentarios y tectónicos acaecidos a lo largo del Neógeno, su fisonomía actual se ha perfilado fundamentalmente durante el Plioceno y Cuaternario, a partir del levantamiento definitivo de de la península y su basculamiento hacia el norte, muy posiblemente como consecuencia del movimiento más reciente (sinestral e inverso) de la zona de Falla Septentrional.

En la mayor parte de su historia, la península de Samaná fue esencialmente una isla formada por las rocas metamórficas del complejo de basamento con dimensiones probablemente inferiores a las actuales. La isla fue creciendo hacia el oeste con los materiales que se le añadieron, al menos, en el Mioceno y Pleistoceno, en este último periodo principalmente gracias a las construcciones arrecifales.

En sectores más meridionales no representados en la Hoja, a comienzos del Cuaternario, la Cordillera Oriental poseía también una envergadura inferior a la actual, estando constituida por una serie de islas e islotes (Díaz de Neira et al., 2007), flanqueadas al norte y al sur por las plataformas carbonatadas arrecifales que se convertirían posteriormente en la región de Los Haitises y en la Llanura Costera del Caribe al sur, respectivamente.

La evolución holocena regional ha estado condicionada principalmente por la actividad tectónica, que ha producido una tendencia regional ascendente, y por los procesos fluviales, que no sólo han llevado a cabo una importante labor de incisión en las áreas montañosas, sino que con sus aportes sedimentarios provocaron la colmatación del Valle del Cibao especialmente representado por la llanura aluvial del río Yuna y su delta, así como la zona del Gran Estero.

Los márgenes orientales de la Cordillera Septentrional, muy próximos al límite oriental de la Hoja, muestran erosión por el encajamiento de la red fluvial, que se va haciendo sitio entre los materiales que la forman. Al mismo tiempo, las plataformas carbonáticas de los Haitises y la sierra de Samaná, presentan superficies de intensa corrosión química, provocada por la acción de las aguas, ya que se trata de un área con precipitaciones intensas.

Durante el lapso de tiempo entre el inicio de la incisión y la actualidad pueden reconocerse diversas etapas generalizadas de acreción y erosión, un mínimo de dos principales, tal como demuestran los niveles de terrazas, glacis y abanicos que pueden reconocerse. Estas características se pierden en el Valle del Yuna (en sentido estricto), donde la llanura aluvial denota un proceso de acumulación de materiales que podría remontarse a inicios del pleistoceno y desarrollarse ampliamente durante el holoceno.

La evolución del relieve se halla actualmente presidida por el balance entre la actividad tectónica y el comportamiento de la red de drenaje, con fuertes encajamientos en la zona montañosa, pero muy moderados en la planicie por su pequeño desnivel con respecto al

mar. En esta planicie predomina una intensa sedimentación a causa de los continuos aportes del Yuna, que se van acumulando formando un delta, en parte ocupado por zonas pantanosas, e invadido por marismas en las zonas más próximas al mar. Muchos de los sedimentos finos llegaron a colmatar los lagos formados en estas zonas endorreicas.

En tiempos históricos, había una comunicación por el Gran Estero entre la Bahía de Samaná y la Bahía Escocesa situada al norte, por lo que la península era en realidad una isla. Este hecho queda atestiguado en diversos mapas antiguos: Bowen (1747), Robert De Vaugondy (1750), Bellin (1758), Jefferys (1760), Bonne (1770), Edwards (1800), Tardieu (1802), Carey Et Al. (1822), Beard (1863), donde se representa a la Península de Samaná como una isla. Para otros autores, en tiempos muy recientes, Samaná no era una península, sino una casi-isla o “presque-isle”, como aparece en múltiples mapas franceses y españoles, pues hasta aproximadamente mediados del siglo XIX el actual Gran Estero, que corre entre Sánchez y la costa del Atlántico, al este de Nagua, era totalmente transitable en botes, por lo que Samaná estaba rodeada de agua por todos sus costados. Una de las leyendas yuneras afirma que el pirata Cofresí podía burlar persecuciones pasándose por el canal de una bahía a la otra. Lo cierto es que Cofresí hoy no podría hacerlo. No existe ya el canal. En la actualidad dicho estrecho se ha cerrado completamente por los depósitos del río Yuna.

6. HISTORIA GEOLÓGICA

La historia geológica simplificada del conjunto de rocas representadas en la península de Samaná, y entre ellas las correspondientes a la Hoja de Sanchez, puede sintetizarse en los siguientes eventos:

- ❖ *Jurásico Medio-Superior.* Edad de formación de las rocas oceánicas más antiguas del océano proto-Caribe, resultado de la separación de las placas de Norte y Sur América. Sedimentación en el margen continental de Norte América de los protolitos terrígenos, mixtos y carbonatados, de las diferentes unidades que constituyen el complejo metamórfico de Samaná. El margen continental pudo estar ya muy atenuado y el prisma de sedimentos edificarse directamente sobre corteza oceánica. Formación de los protolitos máficos de las eclogitas MORB.
- ❖ *Cretácico Inferior.* Génesis del Arco de Islas Primitivo, sobre una zona de subducción con polaridad hacia el sur (en la posición actual; Krebs et al., 2007; Pindell et al., 2005; Escuder Viruete et al., 2009) en la que se consume el proto-caribe. Inicio de la convergencia arco-continente y generación del prisma de acreción.
- ❖ *Cretácico Superior.* Eclogitización de los protolitos de las eclogitas de los niveles estructuralmente más altos de la Unidad de Punta Balandra, posiblemente en un canal serpentinitico. Sedimentación de los protolitos carbonatados de la Unidad de Majagual-Los Cacaos en el Campaniense.
- ❖ *Cretácico Superior más alto-Eoceno Inferior.* Inicio de la subducción y colisión de los sedimentos del margen continental. Evento deformativo D1 y metamorfismo de alta-P M1 en las Unidades del Complejo de Samaná, progresivamente van entrando en la zona de subducción. Cese de la actividad mágmatica relacionada con subducción.
- ❖ *Eoceno Medio-Superior.* Continuación de la colisión del arco Caribeño con la plataforma de las Bahamas. Evento deformativo D2, con formación del apilamiento de unidades que estructuran el prisma de acreción, y metamorfismo descompresivo y retrógrado M2, relacionado con la exhumación de las rocas de alta P (Joyce, 1991; Gonçalves et al., 2000; Escuder Viruete y Pérez-Estaún, 2006). Incorporación de las eclogitas procedentes de protolitos de arco a la Unidad de Punta Balandra. Formación de las cuencas turbidíticas suprayacentes al prisma de acreción (sin representación en la península).

- ❖ *Oligoceno-Mioceno Medio-Superior.* Generalización de la tectónica de desgarre transpresiva en la zona de colisión y en el interior del arco, y exhumación final del complejo de acreción-colisión. Deformaciones tardías en el Complejo de Samaná. Continúa el relleno de las cuencas turbidíticas. Comienza el funcionamiento de la zona de Falla Septentrional en un régimen transpresivo senestro, y el desplazamiento lateral entre el arco Cretácico y las unidades del prisma de acreción.
- ❖ *Mioceno Superior-Actualidad.* Transgresión generalizada en los territorios actualmente pertenecientes al sector septentrional y oriental de la República Dominicana y sedimentación de la Fm Los Haitises. Continuidad de la tectónica de desgarre a favor de la zona de Falla Septentrional y de la convergencia (con la placa Norteamericana) en la fosa de Puerto Rico. El régimen transpresivo produce el levantamiento de la Península de Samaná y el depósito simultáneo de las brechas de Majagual y los conglomerados de Samaná; inicio del encajamiento fluvial y de la meteorización química en las calizas de Los Haitises. Al sur de la zona de falla se desarrolla una cuenca restringida, al comienzo con una cierta influencia marina, que evoluciona a continental por el efecto de la importante acumulación de depósitos deltaicos y fluvio-deltaicos con alto contenido en materia orgánica (lignitos). Una siguiente trasgresión, mucho más limitada que la anterior permite los depósitos de las primeras terrazas coralinas asimilables a la Fm La Isabela, con una paleogeografía muy similar a la actual.

7. GEOLOGÍA ECONÓMICA

7.1. Hidrogeología

Para la realización de este apartado se ha consultado el Estudio Hidrogeológico Nacional de la República Dominicana en los volúmenes correspondientes a la Unidad Hidrogeológica de la Península de Samaná y del Valle del Cibao (Eptisa, 2004 a y b).

7.1.1. Climatología e hidrología

Los datos climatológicos de la península de Samaná proceden de dos estaciones del INDRHI, situadas en Samaná (19°12'0", 69°20'0", 7m) y Sánchez (19°13'0", 69°36'0", 17m). La serie de años utilizada para el análisis de precipitación es de 43, entre 1961 y 2003. Los valores anuales de precipitación, en mm, de cada estación para un año seco, húmedo o seco, se presentan en la Tabla 7.1.1.

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO HÚMEDO
1071	SAMANÁ	1671.0	2176.0	2718.0
1072	SÁNCHEZ	1372.3	1819.9	2376.3
	MEDIA	1521.7	1998.0	2547.2

Tabla 7.1.1. Valores anuales de precipitación, en mm

La Fig. 7.1.1 recoge la distribución mensual de la precipitación en ambas estaciones, para un año de tipo medio. Las precipitaciones presentan un régimen bimodal, con picos máximos en Mayo y Octubre/Noviembre. Los meses más secos suelen ser Febrero y Marzo. La gráfica refleja que dentro del territorio de la península no hay diferencias sustanciales pero las precipitaciones son algo más abundantes en el sector oriental de Samaná.

Las dos estaciones mencionadas no tienen registro de datos de temperatura. En la Fig 7.1.2 se representan los de la estación más próxima, de Barranquito, situada en valle en el contiguo valle del Cibao adyacente, con una serie de 20 años (entre 1977 y 1998). La temperatura media anual resultante en esta estación es de 25,7 °C. La distribución mensual de las temperaturas medias de esta estación queda representada en la Fig. 7.1.2.

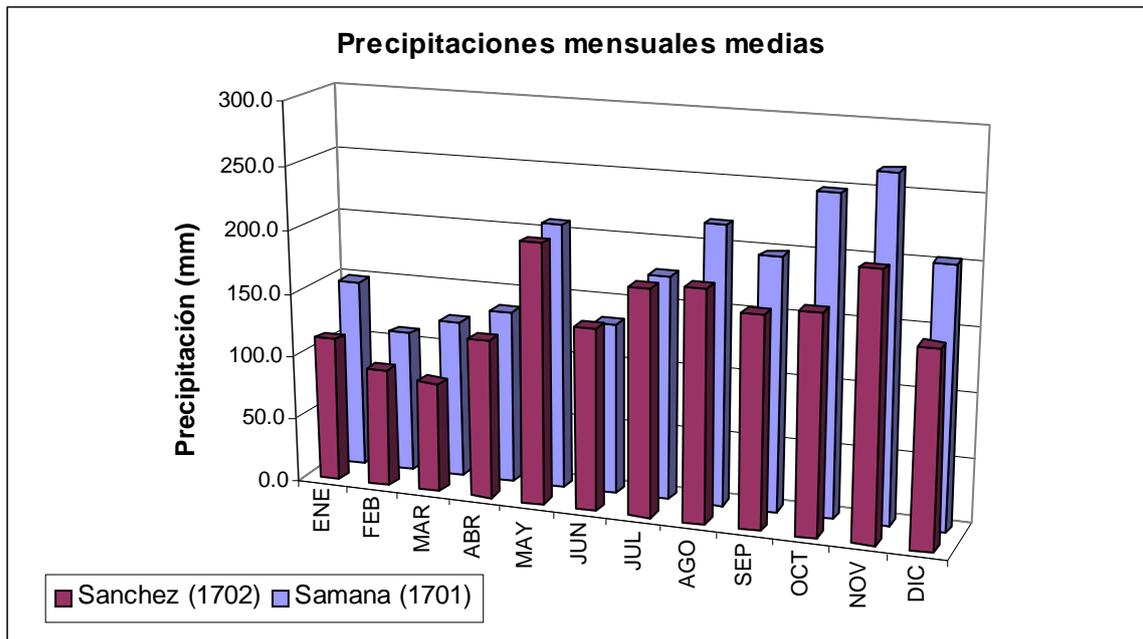


Fig. 7.1.1. Distribución mensual de la precipitación, para un año de tipo medio, en cada estación.

Por otro lado, la evapotranspiración media anual en la península para para las temperaturas de la estación termométrica considerada es de 1632,4 mm. Los valores de lluvia útil estimados para un año medio, que representan la esorrentía total en la zona varían, dependiendo de las litologías, entre 534 y 477. La vegetación de la zona está dominada enteramente por bosque tropical húmedo.

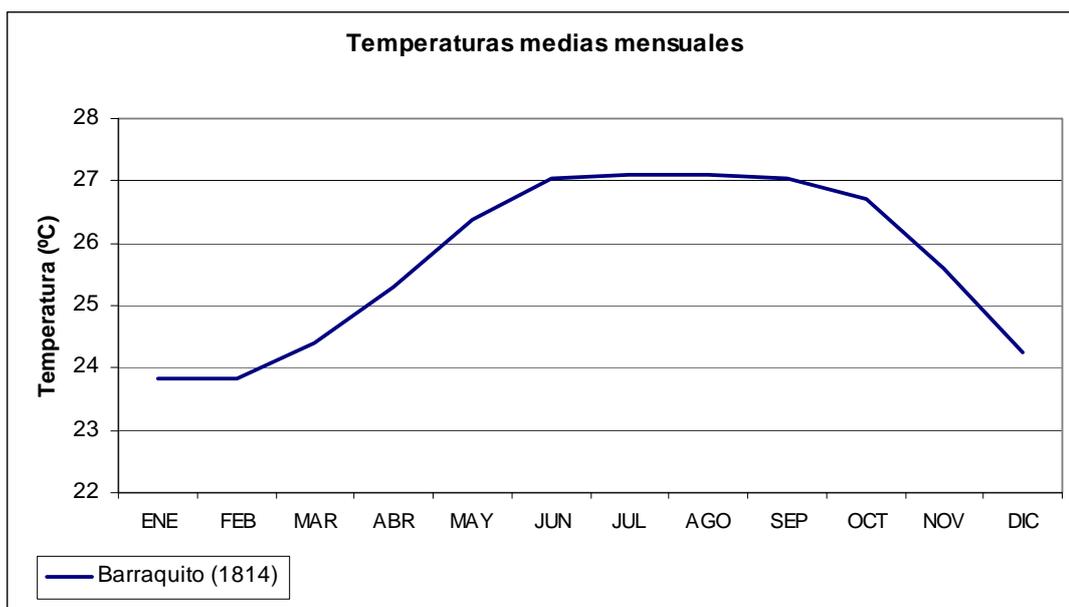


Fig. 7.1.2. Distribución mensual de temperaturas medias en la estación.

Desde el punto de vista hidrológico, la Hoja presenta dos zonas bien diferenciadas, la parte correspondiente a la península y la planicie del Gran Estero. En la primera, la extensión de las calizas de Los Haitises e incluso de los mármoles de las unidades metamórficas infrayacentes, propicia un notable predominio de procesos cársticos y, por tanto un escaso desarrollo de la red de drenaje, que queda limitada a pequeños arroyos circunscritos a la franja y trazado perpendicular a la línea de costa. Una excepción a esta regla en la Hoja de Sánchez es el río Majagual que desemboca cerca de esta localidad después de recorrer cierta distancia desde el interior de la sierra de Samaná. En las campañas foronómicas realizadas con motivo del estudio hidrogeológico citado al comienzo de este apartado, se midieron importantes variaciones de caudal en un mismo año hidrológico, con oscilaciones entre un cauce casi seco ($0.03 \text{ m}^3/\text{s}$) y fuertes incrementos en periodos más lluviosos ($0.989 \text{ m}^3/\text{s}$).

La planicie del Gran Estero esta recorrida por los últimos kilómetros del río Yuna, uno de los más caudalosos del país. En ellos no hay ningún control de aforos, pero en la estación del Limón situada unos cuantos km río arriba (Hoja de Cevicos) se ha registrado un caudal medio de $101,35 \text{ m}^3/\text{s}$ en un periodo de 34 años, para una superficie de cuenca (cuenca del Yuna) de 5130 Km^2 ; este caudal medio es uno de los más altos de los ríos dominicanos. En la esquina NO de la Hoja también está representada la desembocadura del Caño del Gran Estero, procedente de los relieves más occidentales de la Cordillera Septentrional.

7.1.2. Características hidrogeológicas

En la Hoja de Sánchez están representadas las unidades hidrogeológicas de Samaná y del Bajo Yuna (Eptisa, 2004 a y b). La unidad hidrogeológica de Samaná tiene una superficie de 651 Km^2 , comprendiendo la totalidad de la península de Península, con una longitud aproximada de 50 Km y una anchura de 15 Km. Esta península se caracteriza morfológicamente por la existencia de una sierra central que la atraviesa de este a oeste, cuyas cotas máximas se encuentran en torno a 400 y 600 m.de altitud. La divisoria de esta sierra se encuentra desplazada al sur con respecto a los límites de la península, por lo que la pendiente en la vertiente sur es muy superior a la de la vertiente norte. Con criterios de funcionamiento hidrogeológico se pueden diferenciar en esta unidad cuatro subunidades (Fig. 7.1.3) que fueron denominadas con nombres locales en el correspondiente trabajo hidrogeológico (Eptisa 2004 a):

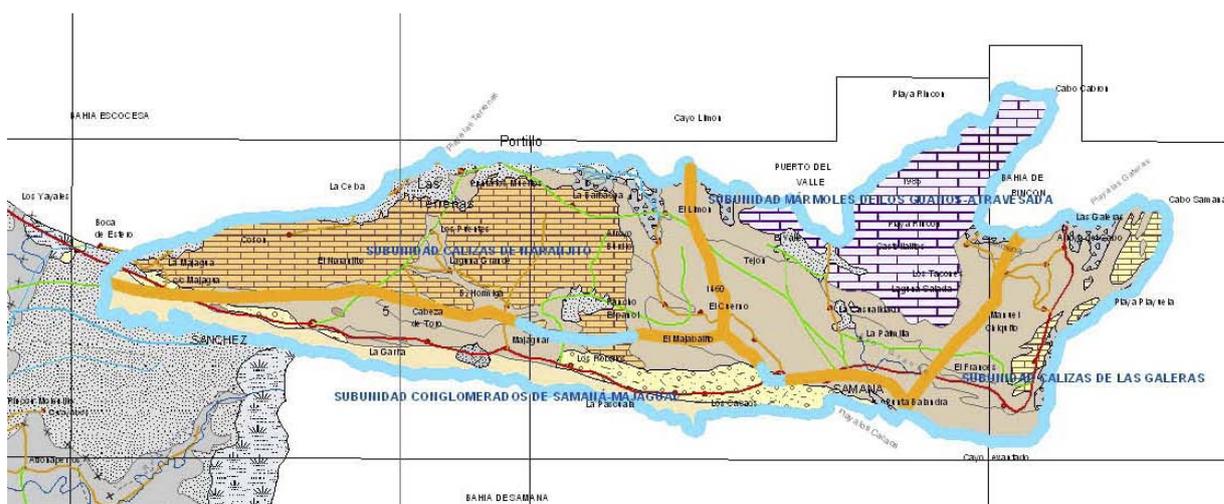


Fig. 7.1.3. Esquema de distribución de subunidades de funcionamiento hidrogeológico. Las líneas azules indican bordes abiertos con conexión hidrogeológica; las líneas naranjas indican límites estanco o cerrados (Eptisa 2004 a)

- ✓ *Subunidad Calizas de Naranjito*, que hace referencia al sector NO de la península ocupado fundamentalmente por las calizas de Los Haitises
- ✓ *Subunidad Conglomerados de Samaná*. Incluye la principal zona de afloramiento de conglomerados de Samaná y las brechas y mármoles de Majagual, al sur de la principal dicisoria de aguas.
- ✓ *Subunidad de los mármoles de Lso Guanos-Atravesada y subunidad de las calizas de Las Galeras*, que comprenden los sectores centrales y orientales de la península principalmente ocupados por los materiales meta

En la Hoja de Sánchez están representadas las dos primeras subunidades. En ellas hay que destacar, por su interés desde el punto de vista hidrogeológico, las calizas arrecifales de Los Haitises y los mármoles del complejo metamórfico. Ambos tipos litológicos se caracterizan por presentar un proceso de karstificación avanzado con un alto grado de permeabilidad por fisuración y karstificación, siendo su superficie conjunta superior a 220 Km² (134 Km² las calizas arrecifales y 85 Km² los mármoles).

La unidad hidrogeológica del Bajo Yuna ocupa casi la mitad oriental de la valle del Cibao y de ella, en la Hoja de Sánchez sólo está representada su parte más oriental y próxima a la

desembocadura de este río. Está ocupada mayoritariamente por materiales detríticos de diversa granulometría asociados a la dinámica fluvial del río Yuna y a sistemas lacustres y endorreicos y marismas altas (más superficiales) que pueden constituir importantes acuíferos aunque con posible influencia del agua del mar en las proximidades de la costa.

En el cuadro adjunto (Tabla. 7.1.2) se resumen las unidades o agrupaciones hidrogeológicas consideradas en la Hoja, según se han definido en el esquema hidrogeológico a escala 1:200.000 que acompaña al Mapa Geológico. En el cuadro citado, se describe, para cada unidad o agrupación hidrogeológica, su litología predominante, el grado y tipo de permeabilidad y, en su caso, las características de los acuíferos que albergan.

Tabla 7.1.2. CUADRO RESUMEN DE LAS UNIDADES O AGRUPACIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA HOJA DE SÁNCHEZ

EDAD	UNIDAD O AGRUPACIÓN HIDROGEOLÓGICA	UNIDADES CARTOGRÁFICAS AGRUPADAS	LITOLÓGÍAS	GRADO/TIPO DE PERMEABILIDAD	TIPOS DE ACUÍFEROS Y OBSERVACIONES
HOLOCENO	Formaciones superficiales del Holoceno	16 a 29	Materiales detríticos de granulometrías diversas	Alta o media-alta por porosidad	Acuíferos libres con circulación por porosidad intergranular
MIOCENO SUPERIOR- PLEISTOCENO)	Fm Sánchez y arcillas del río Boba	13 y 14	Arcillas y margas	Muy baja	Sin acuíferos
	Fm Las Canoas	11 y 12	Margas y margocalizas con intervalos de calizas	Media/baja. Localmente alta (en calizas) por fracturación y carstificación	Sin acuíferos significativos
	Conglomerados de La Piragua, brechas de Majagual y conglomerados de Samaná	7, 9 y 10	Conglomerados y brechas	Alta por porosidad, fracturación y carstificación (en brechas de Majagual)	Acuíferos libres con circulación intergranular y carstica (en brechas de Majagual)
	Fm Los Haitises y terrazas altas de corales (¿Fm La Isabela?)	8 y 15	Calizas arrecifales y bioclásticas	Muy alta por porosidad, fracturación y carstificación	Acuíferos libres con circulación cárstica
COMPLEJO DE BASAMENTO DE SAMANÁ	Mármoles del complejo metamórfico	3 y 5	Mármoles	Alta o muy alta por porosidad, fracturación y carstificación	Acuíferos libres, localmente confinados (p.e. en tramos importantes de mármoles entre esquistos) con circulación cárstica
	Peridotitas serpentinizadas y términos de esquistos y calcoesquistos del complejo metamórfico	1, 2,4 Y 6	Esquistos y calcoesquistos con niveles de mármoles (y muy subordinadas, serpentinitas)	Baja o media/baja	Sin acuíferos significativos salvo localmente, por fracturación

7.2. Recursos minerales

Los recursos minerales de las rocas representadas en la Hoja de Sánchez se dividen entre los pertenecientes al campo de las rocas industriales y los de aprovechamiento energético (lignito). No se ha identificado ningún indicio de sustancias metálicas.

El número de canteras identificado ha sido de 33, que explotan una variedad de sustancias: calizas, conglomerados, margocalizas, mármoles, y esquistos y calcoesquistos. Hay nueve de ellas en actividad, y las veinticuatro restantes en actividad intermitente.

Sus tamaños varían de siete grandes a diez medianas y dieciséis pequeñas.

7.2.1. Rocas Industriales, Ornamentales

7.2.1.1. Descripción de las Sustancias

Las sustancias principales explotadas en las canteras son: las calizas pertenecientes a la Formación de Los Haitises, las margocalizas de la Formación Las Canoas, los esquistos y calcoesquistos de la Unidad de Santa Bárbara, que se emplean tanto como árido y como piedra ornamental, cuando se extrae en lascas; los mármoles de la Formación Majagual, las brechas y conglomerados cementados de la Unidad de Brechas de Majagual y los conglomerados poco cementados de la Unidad Conglomerados de Samaná.

7.2.2. Minerales Energéticos

En todo el borde Sur de la Hoja, desde la localidad de Sánchez hasta su borde oriental, se localiza una banda limitada al norte por la carretera que une la anterior localidad con Barril, con una anchura de 1 km y cuyo borde sur lo constituye la costa de la bahía de Samaná, en la que se ha puesto de manifiesto la existencia de depósitos de lignito asociados a la Fm Sánchez.

El lignito ha sido clasificado como de alto contenido en humedad, cenizas y azufre y con un contenido calorífico de 4000 Btu/lb, muy semejante a los explotados en otras cuencas del Caribe.

7.2.3. Potencial minero

La actividad en el sector de las rocas industriales y ornamentales está ligada al campo de las obras, fundamentalmente a la construcción, reparación y mantenimiento de construcciones diversas. Los litotectos existentes en la Hoja poseen grandes reservas. Su situación, próxima la centro de consumo que supone la zona de Las Terrenas y las obras de infraestructura de remodelación de las carreteras de Sánchez a Samaná y a Las Terrenas, auguran en el corto-medio plazo, una actividad suficiente como para mantener las extracciones en la mayoría de las canteras reseñadas.

En el caso del lignito, su potencial fue definido a través de un programa detallado de investigación del recurso y de prefactibilidad llevado a cabo entre los años 1980-84 y que a través de una serie de etapas, que incluyeron geología de detalle (75 Km²), sondeos mecánicos con recuperación de testigo (97.730 m), testificación geofísica, 10.000m de trincheras y 16 kms de líneas sísmica, definieron un yacimiento con 78 millones de toneladas métricas de las que 49 millones de toneladas, podrían ser extraídas y utilizadas.

La evolución posterior del sector energético dejó en suspenso la utilización de este recurso.

7.2.4. Listado de Indicios

Nº	COORD.		FORM/UNIDAD	SUSTANCIA	ACTIVIDAD	TAMAÑO	USO
	X	Y					
1	442113	2134430	Los Haitises	Calizas	Intermitente	Pequeño	Arm
2	441960	2133608	Los Haitises	Calizas	Activa	Medio	Arm
3	441846	2131381	U. Esq. Sta. Bárbara	Esquistos y calcoesq.	Intermitente	Pequeño	Arm/Ornam
4	442404	2131975	U. Esq. Sta. Bárbara	Esquistos y calcoesq.	Activa	Medio	Arm/Ornam
5	442201	2131513	U. Esq. Sta. Bárbara	Esquistos y calcoesq.	Intermitente	Pequeño	Arm/Ornam
6	446812	2128370	Los Haitises	Calizas	Intermitente	Pequeño	Arm
7	441349	2128609	U. Esq. Sta. Bárbara	Mármoles	Intermitente	Medio	Arm
8	441347	2128215	U. Esq. Sta. Bárbara	Mármoles	Intermitente	Pequeño	Arm
9	443466	2125673	Congl. de Samaná	Congl. poco cemen. Brechas y congl	Intermitente	Pequeño	Arm
10	439883	2125983	Brechas de Majagual	cemen. Brechas y congl	Intermitente	Pequeño	Arm
11	439285	2125992	Brechas de Majagual	cemen.	Intermitente	Pequeño	Arm
12	437010	2126325	Congl. de Samaná	Congl. poco cemen.	Intermitente	Medio	Arm
13	437317	2128212	U. Marm. de Majagual	Mármoles	Intermitente	Pequeño	Arm
14	437576	2128326	U. Marm. de Majagual	Mármoles	Intermitente	Pequeño	Arm
15	425307	2129584	Las Canoas	Calizas y margocalizas	Intermitente	Medio	Arm
16	426662	2127011	Las Canoas	Calizas y margocalizas	Intermitente	Medio	Arm
17	426248	2128946	Las Canoas	Calizas y margocalizas	Intermitente	Medio	Arm
18	426926	2129557	Brechas de Majagual	Brechas y congl	Activa	Grande	Arm

				cemen.				
19	425119	2130499	Los Haitises	Calizas	Intermitente	Medio	Arm	
20	425468	2130426	Los Haitises	Calizas	Activa	Grande	Arm	
21	427499	2129847	Los Haitises	Calizas	Intermitente	Pequeño	Arm	
				Brechas y congl				
22	430399	2127802	Brechas de Majagual	cemen.	Activa	Grande	Arm	
				Brechas y congl				
23	430047	2128257	Brechas de Majagual	cemen.	Activa	Grande	Arm	
				Brechas y congl				
24	430220	2128382	Brechas de Majagual	cemen.	Activa	Grande	Arm	
25	432710	2128194	U. Marm. de Majagual	Mármoles	Activa	Grande	Arm	
26	432805	2128293	U. Marm. de Majagual	Mármoles	Activa	Grande	Arm	
27	441369	2132986	Los Haitises	Calizas	Intermitente	Pequeño	Arm	
28	440854	2134346	Los Haitises	Calizas	Intermitente	Pequeño	Arm	
29	441316	2133777	U. Esq. Sta. Bárbara	Esquistos y calcoesq.	Intermitente	Pequeño	Arm/Ornam	
30	438947	2133096	Los Haitises	Calizas	Intermitente	Medio	Arm	
31	438336	2133006	Los Haitises	Calizas	Intermitente	Medio	Arm	
32	443463	2133110	Los Haitises	Calizas	Intermitente	Pequeño	Arm	
33	443769	2134029	Los Haitises	Calizas	Intermitente	Pequeño	Arm	

8. 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 y evitar el uso abusivo de sus recursos. Dentro de los recursos no renovables de un país, el patrimonio ocupa un lugar relevante, pues proporciona un conocimiento fundamental para conocer la historia de la Tierra y la vida que en ella se desarrolla. Al mismo tiempo, su estudio e interpretación pone 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.

8.1. Relación de los L.I.G.

En la Hoja de Sánchez se han inventariado cinco Lugares de Interés Geológico: de los cuales tres son L.I.G. propiamente dichos y los otros dos son itinerarios que permiten hacer observaciones puntuales y observar el espectacular paisaje. En su conjunto se consideran representativos de la variada geología de la Hoja. Su acceso es relativamente fácil siempre y cuando se trate de épocas secas, ya que con lluvias los caminos quedan frecuentemente cortados. Esta circunstancia aconseja que cualquier visita se prepare considerando la climatología.

8.2. Descripción de los Lugares

Se describen los L.I.G. considerados, señalando el tipo de interés en función de su contenido, de su posible utilización de acuerdo con su contenido científico, didáctico, económico o científico, así como de su ámbito de influencia (local, regional, nacional o internacional).

8.2.1. L.I.G. N° 1. Parte media-inferior de la Unidad de Esquistos de Santa Bárbara en las canteras de Hoyo del Cacao.

Este L.I.G. tiene un acceso bueno por carretera y un posterior camino de corto recorrido. Su interés principal es tectono-estratigráfico y en menor medida, minero. Por su posible utilización se puede catalogar como científico, muy poco turístico, en tanto que su ámbito de influencia es local.

Al L.I.G. se accede por la carretera principal de Las Terrenas y un pequeño camino que sale hacia el este y lleva a una zona de varias canteras donde se explotan los términos de calcoesquistos que son dominantes de la parte inferior de la unidad de Esquistos de Santa Bárbara. Las explotaciones son de pequeñas dimensiones y artesanales. Las piedras y lascas extraídas se utilizan como roca ornamental para edificación. Las explotaciones permiten una buena exposición de la fábrica planar principal (Sp), ocasionalmente plano-linear (Sp-Lp) de la roca, que resulta en un bandeo composicional decimétrico de calcoesquistos con pequeños niveles de micaesquistos. Sobre el plano de la Sp se observa bien la Lp definida por el estimamiento o alineación de micas y calcita. Pese a la textura de grano fino de la roca, en corte se llega a observar puntualmente la fábrica SC de cizalla y pequeños porfidoclastos de piritita y ribbons de calcita y cuarzo.

8.2.2. L.I.G. N° 2. Parte media-superior de la Unidad de Esquistos de Santa Bárbara en el camino de Las Cañitas a Loma la Manga

Este L.I.G. tiene un acceso bueno por carretera y un camino en general en buen estado. Su interés principal es tectono-estratigráfico. Por su posible utilización se puede catalogar como científico, y por el paisaje, también turístico, en tanto que su ámbito de influencia es local.

Al L.I.G. se accede desde la carretera de Las Terrenas por el desvío a Las Cañitas y su antigua continuación a Las Garitas; en la actualidad el camino sólo es practicable (y con tiempo seco) hasta la Loma La Manga. El LIG es en realidad un pequeño recorrido que permite hacer un corte de la parte media alta de la unidad de Esquistos de Santa Bárbara y por tanto es complementario del anterior. Tras algunos afloramientos parciales de esquistos muy alterados en las proximidades de Las Cañitas, se llega al primer punto de interés en una cantera que explota de manera intermitente los términos de mármoles foliados de la unidad de Esquistos de Santa Bárbara. Con un aspecto en general masivo, en el detalle los mármoles se presentan con una intensa fábrica planar (Sp) y plano linear (Sp-Lp) que produce un bandeo composicional muy monótono por la textura de grano fino y la homogeneidad de la roca: La intensidad de la deformación (foliación o fábrica muy penetrativa) sugiere una intensa deformación milonítica que se ha comprobado al microscopio. Siguiendo por el camino se atraviesa una zona de esquistos esencialmente micáceos muy alterados con diversas intercalaciones de mármoles deformados similares a los anteriores.

En el cruce con el río Majagual se pueden hacer algunas observaciones de la roca fresca en el cauce del río unos 100 m aguas arriba. Aquí afloran unos calcoesquistos (con albita y glaucofana) en los que se reconoce bien la fábrica principal (Sp) de tipo SC que incluye porfidoclastos de feldespatos (albita) y venas sigmoidales de cuarzo; la Lp se observa bien sobre el plano de la fábrica principal, marcada por el estiramiento de cuarzo, calcita y alineación de micas. En el resto del camino hasta la Loma La Manga, son frecuentes los afloramientos de esquistos, mayoritariamente pelíticos y muy micáceos, con intercalaciones de calcoesquistos y más ocasionalmente cuarzoesquistos, pero casi siempre aparecen muy alterados. Sin que se pueda ver la naturaleza del contacto, en la Loma La Manga, se llegan a tocar los mármoles de Majagual, cuyas condiciones de afloramiento son malas por la intensa carstificación, aunque se reconoce igualmente una foliación o bandeo composicional (Sp); no obstante en general es perceptible un cierto menor grado de deformación en estos mármoles respecto a la unidad inferior.

8.2.3. L.I.G. N° 3. Brecha de Majagual en la cantera de Piedra Quemada

Este L.I.G. tiene un acceso muy bueno por la carretera de Piedra Quemada y en los caminos de acceso de la propia explotación. Su interés principal es estratigráfico, estructural

y minero. Por su posible utilización se puede catalogar como científico, muy poco turístico, en tanto que su ámbito de influencia es regional.

En las proximidades de Piedra Quemada se están explotando las brechas de Majagua para su aprovechamiento como aridos, que se utilizaron sobre todo para la construcción de la nueva carretera de Santo Domingo a Samaná. La cantera ha permitido la exposición de las verdaderas dimensiones de espesor y afloramiento de esta unidad (hasta ahora no cartografiada como tal) relacionada con el levantamiento más reciente de la península de samaná. Las brechas se pueden observar en sus facies masivas características formadas por bloques angulosos de orden centimétrico a métrico dentro de una escasa matriz microconglomerática de la misma composición. Ocasionalmente se pueden distinguir algunos intervalos más organizados de tipo conglomerático, es decir, con cantos más redondeados, matriz un tanto más arenosa y cierta organización en una estratificación grosera. En toda la explotación se onserban abundantes planos de falla de grandes dimensiones (asociados a la zona de falla Septentrional) con estrías que indican un sentido de movimiento dominante en dirección sinestral.

8.2.4. L.I.G. N° 4. Fm Los Haitises en las canteras alta y baja de La Majagua

Este L.I.G. tiene un acceso muy bueno por la misma carretera de Piedra Quemada que el LIG anterior. La carretera de hecho acaba en otras dos canteras (canteras alta y baja de La Majagua) donde se han explotado las calizas de Los Haitises tambien para áridos. Su interés principal es estratigráfico y paleontológico. Por su posible utilización se puede catalogar como científico, turístico poir el paisaje, en tanto que su ámbito de influencia es local.

En estas dos canteras están muy bien representadas las construcciones de corales masivos de la Fm Los Haitises, pero los afloramientos mejores se dan en la cantera baja, donde hay buenos ejemplos del desarrollo vertical de armazones de colonias de *Porites* en domos o tabulares y alguna ramosa, con cabezos de *Montastrea* y *Diploria* dispersos, y potencias de hasta 15 m. Los armazones intercalan calcarenitas bioclásticas y acumulaciones de corales ramosos, en este caso también de *Porites* (*P. divaricata*). La cantera alta muestra el mismo tipo de secuencias, con una acumulación total de más de 100 m de espesor. En esta última cantera se ve que la formación está basculada unos 20° hacia el sur. Desde la parte alta de la

misma hay una magnífica panorámica hacia el norte de la bahía escocesa y de los depósitos litorales holocenos.

8.2.5. L.I.G. N° 5. Lignitos de la Fm Sánchez en playa Liberato

Este L.I.G. tiene un acceso relativamente bueno a su entorno por el camino de acceso a la playa Liberato (desde Punta Gorda, en la carretera de Samaná) pero más dificultoso al afloramiento en sí. Su interés principal es estratigráfico y minero. Por su posible utilización se puede catalogar como económico y científico, en tanto que su ámbito de influencia es regional.

Pese a la mala calidad de afloramiento que caracteriza la Fm Sánchez, se incluye este punto por el interés económico de los lignitos que alberga esta formación. La formación es reconocible, en sus facies arcillosas ocre, en distintos puntos bajando al arroyo que discurre paralelo a la pista de acceso a playa Liberato. También al final de la pista en un pequeño escarpe junto a la línea de costa, en sus facies algo más arenosas. Para ver las intercalaciones de lignito, no obstante hay que subir, no sin dificultades, unos 500m por el curso de un pequeño arroyo sin nombre, desde su desembocadura en la playa hasta dar con la zona donde aparecen las intercalaciones de orden decimétrico a métrico. Éstas alternan con las facies arcillosas ocre amarillento más características y niveles arenoso-limosos.

9. BIBLIOGRAFÍA

- BEARD, J. R., (1863).** Outline Map of Colonial Haiti or St. Domingo. En: Toussaint L'Ouverture: A Biography and Autobiography.
- BELLIN, J. N., (1758).** Carte De L'Isle De Saint Domingue. Paris, 1758.
- BILICH, A., FROHLICH, C., AND MANN, P. (2001),** Global seismicity characteristics of subduction-to-strike-slip transitions: Journal of Geophysical Research 106, 443-452.
- BONNE, R., (1770).** Carte de L'Isle de St. Domingue une des Grandes Antilles, Colonies Française et Espagnole. Paris 1770.
- BOURGOIS, J., BLONDEAU, A., FEINBERG, H., GLANÇON, G., VILA, J.M. (1983).** The northern Caribbean plate boundary in Hispaniola: tectonics and stratigraphy of the Dominican Cordillera Septentrional (Greater Antilles). Bull. Soc. Géol. France 7, XXV, 83-89.
- BOWEN, E., (1747).** A new & accurate map of the island of Cuba. Drawn from the most approved maps & charts; A new & accurate map of the islands of Hispaniola or St. Domingo, and Porto Rico. Drawn from the most approved maps & charts By Eman. Bowen. (London: Printed for William Innys, Richard Ware, Aaron Ward, J. and P. Knapton, John Clarke, T. Longman and T. Shewell, Thomas Osborne, Henry Whitridge M.DCC.XLVII)
- BOWIN C. (1975).** The geology of Hispaniola, En: The ocean basins and margins; Volume 3, The Gulf of Mexico and the Caribbean, (NAIM A. y STEHLI F., Eds.), New York, Plenum Press, 501-552.
- BRAGA, J.C. (2010).** Informe sobre las Formaciones Arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- BROUWER, S. B., BROUWER, P. A. (1982).** Geología de la región ambarífera oriental de la República Dominicana. 9ª Conferencia Geológica del Caribe (Santo Domingo, 1980) 1, 305-322
- CARBONES DE SÁNCHEZ S.A. (1985).** Sanchez coal project. Prefeasibility study phase III. Dirección General de Minería. Inédito.
- CALAIS, E., BETHOUX, N., MERCIER DE LÉPINAY, B. (1992).** From transcurrent faulting to frontal subduction: A seismotectonic study of the northern Caribbean plate boundary from Cuba to Puerto Rico, Tectonics, 11, 114-123

- CALAIS, E. Y MERCIER DE LÉPINAY, B. (1995).** Strike-slip tectonic processes in the northern Caribbean between Cuba and Hispaniola (Windward Passage) Marine Geophysics Research, 17, 63-95.
- CALAIS, E., MERCIER DE LÉPINAY, B., SAINT-MARC, P., BUTTERLIN, J. Y SCHAAF, A. (1992).** La limite de plaques décrochante nord caribbe en Hispaniola: évolution paléogéographique et structurale céozoïque. Bull. Geol. Soc. Fr., 163: 309-32
- CALAIS, E., MAZABRAUD, Y, MERCIER DE LÉPINAY, B., MANN, P., MATTIOLI, G. Y JANSMA, P. (2002):** Strain partitioning and fault slip rates in the northeastern Caribbean from GPS measurements. Geophysical Research Letters, v.106, 6, 1-8.
- CALAIS E., PERROT J., MERCIER de LÉPINAY B. (1998).** Strike-slip tectonics and seismicity along the northern Caribbean plate boundary from Cuba to Hispaniola. In Dolan J.F. and Mann P., eds., Active strike-slip and collisional tectonics of the Northern Caribbean plate boundary zone, Geological Society of America Special Paper 326, 125-142.
- CAREY, H. C.; LEA, I. (1822):** Geographical, Historical, And Statistical Map Of Hispaniola, Or St. Domingo. Hispaniola Or Saint. Domingo. No. 42. Drawn by F. Lucas Jr. Engraved by Young & Delleke.
- CATLOS E.J. Y SORENSEN S.S. (2003).** Phengite-based chronology of K-and Na-rich fluid flow in two paleosubduction zones. Science 299: 92-95
- CONTRERAS, F., ARDÉVOL, LL., GRANADOS, L., CALVO, J.P., ESCUDER VIRUETE, J., ESCUER, J., FLORIDO, P., ANTÓN PACHECO, C., GARCÍA LOBÓN, J.L., MORTENSEN, J.K., ULLRICH, T., FRIEDMAN R. (2004).** Mapa Geológico de la República Dominicana E. 1:50.000, Jicomé (5973-IV). Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo, 158 pp.
- De METS, C., JANSMA P., MATTIOLI, G., DIXON, T., FARINA, F., BILHAM, R., CALAIS, E., MANN, P., (2000).** GPS geodetic constraints on Caribbean-North America plate motion, Geophys. Res. Lett., 27, 437-440.
- DE ZOETEN, R. DRAPER, G. AND MANN, P. (EDS; 1991).** Geologic map of the northern Dominican Republic (1:150,000): in Mann, P., Draper, and Lewis, J.F. (eds.), Geological and tectonic development of the North American-Caribbean plate boundary in Hispaniola, Geol. Soc of America, Special paper 262, Plate 1.
- De ZOETEN Y R., MANN P. (1991).** Structural geology and Cenozoic tectonic history of the central Cordillera Septentrional, Dominican Republic. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann P.,

Draper G. y Lewis J.F., Eds.), Geological Society of America Special Paper, 262, 265-279

De ZOETEN R. Y MANN P. (1999). Cenozoic El Mamey Group of Northern Hispaniola: a sedimentary record of subduction, collisional and strike-slip events within the North America – Caribbean Plate boundary zone. Caribbean Basins. Sedimentary basins of the world edited (Mann, P. Ed., Series editor Hsü, K.J.), 247-286.

DÍAZ DE NEIRA, A., MARTÍN-SERRANO, A., ESCUER, J. (2007). Evolución geomorfológica de la Cordillera Oriental Dominicana. Boletín Geológico y Minero, 118-2, 385-399.

DÍAZ DE NEIRA, J. A. Y SOLÉ PONT, F. J. (2002). Precisiones estratigráficas sobre el Neógeno de la cuenca de Azua (República Dominicana) - Stratigraphic precisions about the Neogene of the Azua basin (Dominican Republic). Acta Geologica Hispanica 37, 163-181.

DOLAN, J.F., MANN, P., De ZOETEN, R., HEUBECK, C., SHIROMA, J., MONECHI, S., (1991). Sedimentologic, stratigraphic, and tectonic synthesis of Eocene-Miocene sedimentary basins, Hispaniola and Puerto Rico. En P. Mann, G. Draper, J.F. Lewis, (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper 262, 217-263.

DOLAN, J.F. Y MANN, P. (Eds) (1998). Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Geological Society of America Special Paper 326, 174 p.

DOLAN J.F., MULLINS H.T., WALD D.J. (1998). Active tectonics of the north-central Caribbean: Oblique collision, strain partitioning and opposing subducted slabs. In Dolan J.F. and Mann P., eds., Active strike-slip and collisional tectonics of the Northern Caribbean plate boundary zone, Geological Society of America Special Paper 326, p. 1-62.

DONNELLY T.W. (1973). Late Cretaceous basalts from the Caribbean, a possible flood basalt province of vast size. EOS Transactions American Geophysical Union. 54, 1004.

DONNELLY T.W. (1989). Geologic history of the Caribbean and Central America. In: An Overview. The geology of North America (A.W. Bally, A.R. Palmer, Eds.). Geological Society of America, Boulder, Colorado, Vol. A, 299-321.

- DONNELLY T.W., (1994).** The Caribbean sea floor. In S.K. Donovan, T.A. Jackson (eds.). Caribbean Geology: An Introduction. U.W.I. Publ Assoc, Kingston, p. 41-64.
- DONNELLY T.W., BEETS D., CARR M., JACKSON T., KLAVER G., LEWIS J., MAURY R., SCHELLEKENS H., SMITH A., WADGE G., WESTERN CAMP D. (1990).** History and tectonic setting of the Caribbean magmatism. En: The Caribbean Region, The Geology of North America (Dengo, G., Case, J. Eds). Geol. Soc. America. Boulder, Vol. H, 339-374.
- DONNELLY, T.W. Y ROGERS J., (1980).** Igneous series in island arcs: The north eastern Caribbean compared with world wide island arc assemblages. Bulletin Volcanologique, v. 3, p.347-382.
- DOUGLAS ROBERTSON & ASOCIATES (1981).** Sanchez Coal project. Phase I. Exploration. Dirección General de Minería. Inédito.
- DRAPER, G., GUTIERREZ, G., LEWIS, J. F., (1996).** Thrust emplacement of the Española peridotite belt: Orogenic expression of the Mid Cretaceous Caribbean arc polarity reversal. *Geology*, 24 (12), 1143-1146.
- DRAPER G. Y LEWIS J.F. (1991).** Metamorphic belts in central Hispaniola. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann, P., Draper, G. y Lewis, J.F., Eds.), Geological Society of America Special Paper 262,. 29-45.
- DRAPER, G., MANN, P., LEWIS, J. F. (1994).** Hispaniola. En: Caribbean Geology: An introduction. (Donovan, S.K., Jackson, T.A. Eds.), Kingston, Jamaica, University of the West Indies Publishers Association, 129-150.
- DRAPER G. Y NAGLE F. (1991).** Geology, structure, and tectonic development of the Río San Juan Complex, northern Dominican Republic. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann, P., Draper, G. y Lewis, J.F., Eds.), Geological Society of America Special Paper 262, 77-95.
- EDWARDS, B. (1800):** A Map of the Island of St. Domingo. Published by John Stockdale.
- EPTISA (2004 a).** Informe de la unidad hidrogeológica de la Península de Samaná. Programa SYSMIN. INDRHI. Inédito, 145 pp.
- EPTISA (2004 b).** Informe de la unidad hidrogeológica del Valle del Cibao. Programa SYSMIN. INDRHI. Inédito, 313 pp..
- ESCUDEYR-VIRUETE, J. (2010 a).** Informe de petrología de rocas ígneas y metamórficas de la Sierra de Bahoruco. Proyecto SYSMIN II. 30 pp.

- ESCUDER-VIRUETE, J. (2010 b).** Informe de geoquímica de rocas ígneas y metamórficas de la Sierra de Bahoruco. Proyecto SYSMIN II. 26 pp.
- ESCUDER-VIRUETE, J. (2010 c).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 6373-IV (Santa Bárbara de Samaná) y Memoria correspondiente. Proyecto 1B de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN II. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo
- ESCUDER-VIRUETE, J. (2010 d).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 6373-I (Las Galeras) y Memoria correspondiente. Proyecto 1B de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN II. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo
- ESCUDER VIRUETE, J., CONTRERAS, F., STEIN, G., URIEN, P., JOUBERT, M., BERNARDEZ, E., HERNAIZ HUERTA, P.P., LEWIS, J., LOPERA, E. Y PÉREZ-ESTAÚN, A., (2004).** La secuencia magmática Jurásico Superior-Cretácico Superior en la Cordillera Central, República Dominicana: sección cortical de un arco-isla intraoceánico. *Geo-Temas* 6(1), 41-44.
- ESCUDER VIRUETE, J., CONTRERAS, F., STEIN, G., URIEN, P., JOUBERT, M., ULLRICH, T.D. MORTENSEN, J. Y PÉREZ-ESTAÚN, A. (2006).** Transpression and strike-slip partitioning in the Caribbean island arc: fabric development, kinematics and Ar-Ar ages of syntectonic emplacement of the Loma de Cabrera batholith, Dominican Republic. *Journal of Structural Geology* 28, 1496-1519.
- ESCUDER VIRUETE J., CONTRERAS F., JOUBERT M., URIEN P., STEIN G., WEIS D. y PEREZ-ESTAUN A. (2007).** Tectónica y geoquímica de la formación Amina: registro del arco isla Caribeño primitivo en la Cordillera Central, Republica Dominicana. *Boletín Geológico y Minero* 118 (2), 221-242.
- ESCUDER VIRUETE J., CONTRERAS F., JOUBERT M., URIEN P., STEIN G., LOPERA E., WEIS D., ULLRICH T. y PEREZ-ESTAUN A. (2007).** La secuencia magmática del Jurásico Superior-Cretácico Superior de la Cordillera Central, Republica Dominicana. *Boletín Geológico y Minero* 118(2) 243-268.
- ESCUDER VIRUETE J., DIAZ de NEIRA A., HERNAIZ HUERTA P.P., MONTHEL J., GARCIA-SENZ J., JOUBERT M., LOPERA E., ULLRICH T., FRIEDMAN R., MORTENSEN J., PEREZ-ESTAUN A. (2006).** Magmatic relationships and ages of Caribbean Island arc tholeiites, boninites and related felsic Rocks, Dominican Republic. *Lithos* 90, 161-186.
- ESCUDER VIRUETE J., DIAZ de NEIRA A., HERNAIZ HUERTA P.P., GARCIA-SENZ J., MONTHEL J., JOUBERT M., LOPERA E., ULLRICH T., FRIEDMAN R., WEIS D. y**

- PEREZ-ESTAUN A. (2007).** Implicaciones tectonomagmaticas y edad de las toleitas de arco-isla, boninitas y rocas acidas relacionadas de la formación Los Ranchos, Cordillera Oriental, Republica Dominicana. Boletín Geologico y Minero 118(2), 195-174.
- ESCUDE VIRUETE, J., JOUBERT, M., URIEN, P., FRIEDMAN, R., WEIS, D., ULLRICH, T., PÉREZ-ESTAÚN, A. (2008).** Caribbean island-arc rifting and back-arc basin development in the Late Cretaceous: geochemical, isotopic and geochronological evidence from Central Hispaniola. Lithos 104, 378-404.
- ESCUDE VIRUETE J. Y PÉREZ-ESTAÚN A (2004)** Trayectoria metamórfica P-T relacionada con subducción en eclogitas del Complejo de Basamento de Samaná, Cordillera Septentrional, República Dominicana. Geo-Temas 6(1): 37-40
- ESCUDE VIRUETE, J. Y PEREZ-ESTAUN, A. (2006).** Subduction related P-T path for eclogites and garnet glaucophanites from the Samana Peninsula basement complex, northern Hispaniola. International Journal of Earth Sciences 95, 995-1017.
- ESCUDE VIRUETE, J., PÉREZ-ESTAÚN, A., BOOTH-REA, G., VALVERDE-VAQUERO, P. (IN PREP).** Tectonometamorphic evolution of the Samaná complex, northern Hispaniola: implications for the burial and exhumation of high-pressure rocks in accretionary wedges. Lithos
- ESCUDE VIRUETE, J., PÉREZ-ESTAÚN, A., WEIS, D. (2008).** Geochemical constraints on the origin of the late Jurassic proto-Caribbean oceanic crust in Hispaniola. International Journal of Earth Sciences 98(2), 407-425.
- ESCUDE VIRUETE, J., PÉREZ-ESTAÚN, A., WEIS, D. (2009).** Geochemical constraints on the origin of the late Jurassic proto-Caribbean oceanic crust in Hispaniola. International Journal of Earth Sciences 98, 407-425.
- GABITES, J. (2010).** Informe sobre dataciones geocronológicas mediante el método Ar-Ar. Proyecto Sysmin, República Dominicana. University of British Columbia. Inédito
- GARCÍA SENZ, J., MONTHEL, J., DÍAZ DE NEIRA, J.A., HERNÁIZ HUERTA, P.P., CALVO, J.P., ESCUDE VIRUETE, J., PÉREZ ESTAÚN, A. (2007).** Estratigrafía del Cretácico Superior de la Cordillera Oriental (República Dominicana), *en* A. Perez Estaún, P.P. Hernaiz Huerta, E. Lopera, M. Joubert (Eds.), "Geología de la República Dominicana". Boletín Geológico y Minero, V. 118, Nº 2, 269-291
- GIRARD, D., BECK, C., STEPHAN, J.F., BLANCHET, R., AND MAURY, R., (1982):** Pétrologie géochimie et signification géodynamique de quelques formations volcaniques crétaées péri-caraibes: Bulletin of the Geological Society of France, v.24, 535-544

- GONÇALVES PH, GUILLOT S, LARDEAUX JM, NICOLLET C, MERCIER DE LEPINAY B. (2000).** Thrusting and sinistral wrenching in a pre-Eocene HP-LT Caribbean accretionary wedge (Samana´ Peninsula, Dominican Republic). *Geodinamica Acta* 13, 119-132.
- HEUBECK, C. (1988).** Geology of the southeastern termination of the Cordillera Central, Dominican Republic. M.A. Thesis. University of Texas, Austin, 333 p.
- HEUBECK, C. Y MANN, P. (1991).** Structural Geology and Cenozoic Tectonic History of the Southeastern Termination of the Cordillera Central, Dominican Republic. In: P. Mann, G. Draper, J.F. Lewis, (eds.), *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola*. Geological Society of America Special Paper 262, 315-336
- HERNAIZ HUERTA, P.P. (2004a).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 5971-IV (Galván) y Memoria correspondiente. Proyecto “L” (Zona SO) de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo
- HERNAIZ HUERTA, P.P. (2004b).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 5871-I (La Descubierta) y Memoria correspondiente. Proyecto “L” (Zona SO) de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- HERNAIZ HUERTA, P.P. (2006).** La estructura del sector meridional de la República Dominicana. Una aproximación a su evolución geodinámica durante el Cenozoico. Tesis Doctoral. Univ. Compl. Madrid, 287 p.
- HERNAIZ HUERTA, P.P. Y PEREZ-ESTAUN, A., (2002).** Estructura del cinturón de pliegues y cabalgamientos de Peralta, República Dominicana. En A. Pérez-Estaún, I.Tavares, A. García Cortes, P.P. Hernaiz Huerta (eds.). *Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana.* , 37 183-205
- HERNAIZ HUERTA, P.P., DÍAZ DE NEIRA, J.A, GARCÍA SENZ, J., LOPERA, E., ESCUDER VIRUETE, J. AND PÉREZ ESTAÚN, A. (2008).** *International Meeting of Young Researchers in Structural Geology and Tectonics -YORSGET- Oviedo, Spain:* Contrasting structural styles in SW Dominican Republic as an evidence of strain partitioning in an island arc (Hispaniola)-Continent (North America) oblique collisional setting. Abstract

- JEFFERYS, T., (1760).** The island of Hispaniola called by the French St. Domingo. Subject to France & Spain, from the best authorities by Thomas Jefferys, Geographer to His Royal Highness the Prince of Wales. T. Jefferys sculp. (1760)
- JOUBERT, M., URIEN, P., ARDEVOL, LL., BOURDILLON, CH., BONNEMAISON, M., ESCUDER VIRUETE, J., LE GOFF, E., LEROUGE, C., ESCUER, J., LOPERA, E., ANTÓN PACHECO, C., GARCÍA LOBÓN, J.L., MORTENSEN, J.K., ULLRICH, T., FRIEDMAN R. (2004).** Mapa Geológico de la República Dominicana a E. 1:50.000, Lamedero (5973-I). Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo, 192 pp.
- JOYCE, J., (1983).** The lithology and structure of the eclogite and glaucophanite-bearing rocks on the Samana Peninsula, Dominican Republic, *in* Transactions of the 9th Caribbean Geological Conference, Santo Domingo, Dominican Republic: Santo Domingo, Dominican Republic, Amigo del Hogar Publishers, p. 418-421.
- JOYCE, J. (1985).** High pressure-low temperature metamorphism and the tectonic evolution of the Samana Peninsula, Dominican Republic, Greater Antilles: [Ph.D. thesis] Evanson, Illinois, Northwestern University, 250 p
- JOYCE, J. (1991).** Blueschist metamorphism and deformation on the Samana Peninsula; a record of subduction and collision in the Greater Antilles. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann, P., Draper, G. y Lewis, J.F., Eds.), Geological Society of America Special Paper 262, 47-76
- JOYCE J., Y ARONSON J. (1987)** K-Ar ages for blueschist metamorphism on the Samaná Peninsula, Dominican Republic. Transac 10th Caribbean Geolog Conference, Cartagena, Colombia, pp 454-458
- KERR, A.C., TARNEY, J., KEMPTON, P.D., SPADEA, P., NIVIA, A., MARRINER, G.F., DUNCAN, R.A. (2002).** Pervasive mantle plume head heterogeneity: evidence from the late Cretaceous Caribbean-Colombian oceanic plateau. Journal of Geophysical Research 107, 1029-2001.
- KESLER, S.E., CAMPBELL, I.H., SMITH, C.N., HALL, C.M., AND ALLEN, C.M. (2005a).** Age of the Pueblo Viejo deposit and its significance to models for high-sulfidation deposits: Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists.
- KESLER, S.E., CAMPBELL, I.H., ALLEN, CH.M. (2005B).** Age of the Los Ranchos Formation, Dominican Republic: timing and tectonic setting of primitive island arc volcanism in the Caribbean region. Geological Society of America Bulletin 117, 987-995.

- KESLER, S.E., RUSSELL, N., POLANCO, J., MCCURDY, K., AND CUMMING, G.L. (1990a).** Geology and geochemistry of the early Cretaceous Los Ranchos Formation, central Dominican Republic. Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann, P., *et al.*, Eds.), Geological Society of America Special Paper 262, 187-201.
- KESLER, S.E., RUSSELL, N., REYES, C., SANTOS, L., RODRIGUEZ, A., AND FONDEUR, L. (1990a).** Geology of the Maimon Formation, Dominican Republic. In: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann, P., *et al.*, Eds.). Geological Society of America Special Paper 262, 173-185.
- KESLER, S.E., RUSSELL, N., AND MCCURDY, K. (2003).** Trace-element content of the Pueblo Viejo precious-metal deposits and their relation to other high-sulfidation epithermal systems: *Mineralium Deposita* 38, 668-682.
- KESLER S.E., SUTTER J.F., JONES L.M., WALKER R.L. (1977).** Early Cretaceous basement rocks in Hispaniola. *Geology* 5, 245-247.
- KREBS, M., MARESCH, W.V., SCHERTL, H.-P., BAUMANN, A., DRAPER, G., IDLEMAN, B., MÜNKER, C., TRAPP, E. (2007).** The dynamics of intra-oceanic subduction zones: A direct comparison between fossil petrological evidence (Rio San Juan Complex, Dominican Republic) and numerical simulation. *Lithos* 103, 106-137.
- LAPIERRE, H., BOSCH, D., DUPUIS, V., POLVÉ, M., MAURY, R., HERNANDEZ, J., MONIÉ, P., YEGHICHEYAN, D., JAILLARD, E., TARDY, M., DE LEPINAY, B., MAMBERTI, M., DESMET, A., KELLER F., SENEBIER, F. (2000).** Multiple plume events in the genesis of the peri-Caribbean Cretaceous oceanic plateau province. *Journal of Geophysical Research* 105, 8403-8421.
- LAPIERRE, H., DUPUIS, V., LEPINAY, B.M., TARDY, M., RUIZ, J., MAURY, R.C., HERNÁNDEZ, J., LOUBET, M. (1997).** Is the Lower Duarte Complex (Española) a remnant of the Caribbean plume generated oceanic plateau?. *Journal of Geology* 105, 111-120.
- LAPIERRE, H., DUPUIS, V., DE LEPINAY, B.M., BOSCH, D., MONIE, P., TARDY, M., MAURY, R.C., HERNANDEZ, J., POLVE, M., YEGHICHEYAN, D., COTTEN, J. (1999).** Late Jurassic oceanic crust and upper cretaceous Caribbean plateau picritic basalts exposed in the Duarte igneous complex, Hispaniola. *Journal of Geology* 107, 193-207.

- LEBRÓN M.C., PERFIT M.R. (1994).** Petrochemistry and tectonic significance of Cretaceous island-arc rocks, Cordillera Oriental, Dominican Republic. *Tectonophysics* 229, 69-100.
- LEWIS, J.F. (1980).** Resume of geology in Hispaniola. En Field guide to the 9th Caribbean Geological Conference, Santo Domingo, Dominican Republic. Amigo del Hogar Publishers, 5-31
- LEWIS J.F., AMARANTE A., BLOISE G., JIMENEZ G., J.G., DOMINGUEZ H.D. (1991).** Lithology and stratigraphy of upper Cretaceous volcanic, and volcanoclastic rocks of Tíreo Group, Dominican Republic, and correlations with the Massif du Nord in Haiti. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann P., Draper G. Lewis J.F., Eds.), Geological Society of America Special Paper 262, 143-163
- LEWIS J.F., ASTACIO V.A., ESPAILLAT J., JIMENEZ J. (2000).** The occurrence of volcanogenic massive sulfide deposits in the Maimon Formation, Dominican Republic: The Cerro de Maimón, Loma Pesada and Loma Barbuíto deposits. In: VMS deposits of Latin America (R. Sherlock, R. Barsch, A. Logan, Eds.). Geological Society of Canada Special Publication, 223-249.
- LEWIS, J.F. Y DRAPER, G., 1990.** Geological and tectonic evolution of the northern Caribbean margin. En: Dengo, G., Case, J.E., (ed.). *The Geology of North America*, Vol. H, The Caribbean region. Geological Society of America, 77-140.
- LEWIS, J.F., DRAPER, G., PROENZA, J., ESPAILLAT, J., JIMÉNEZ, J. (2006).** Ophiolite-Related Ultramafic Rocks (Serpentinites) in the Caribbean Region: A Review of their Occurrence, Composition, Origin, Emplacement and Ni-Laterite Soil Formation. *Geologica Acta* 4, 237-263.
- LEWIS, J.F., ESCUDER VIRUETE, J., HERNAIZ HUERTA GUTIERREZ, G., DRAPER, G., PEREZ-ESTAUN, A., (2002).** Subdivisión geoquímica del Arco Isla Circum-Caribeño, Cordillera Central Dominicana: Implicaciones para la formación, acreción y crecimiento cortical en un ambiente intraoceánico. En A. Pérez-Estaún, I.Tavares, A. García Cortes, P.P. Hernaiz Huerta (eds.). *Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. Acta Geológica Hispánica.* **37**, 81-22.
- LEWIS, J.F., HAMES, W. E., DRAPER, G., (1999).** Late Jurassic Ocean Crust and Upper Cretaceous Caribbean Plateau picritic basalts exposed in the Duarte Complex, Hispaniola: A discussion. *Journal of Geology*, 107, 505-508.
- LEWIS, J.F.Y JIMÉNEZ, J.G. (1991).** Duarte Complex in the La Vega-Jarabacoa-Jánico Area, Central Española: Geological and Geochemical Features of the Sea Floor

During the Early Stages of Arc Evolution. En: Geologic and Tectonic Development of the North America-Caribbean Plate Boundary in Hispaniola (Mann, P., Draper, G. y Lewis J.F. Ed.). Geological Society America Special Paper 262, 115-142.

LEWIS J.F., PERFIT M., HORAN S., DIAZ de VILLAVILLA A. (1995). Geochemistry and petrotectonic significance of early arc bimodal volcanism in the Greater Antillas Arc. Abstracts with Programs, Annual Meeting, Geological Society of America, New Orleans, A-227.

LISTER, G.S. Y SNOKE, A.W., (1984): S-C Mylonites. J. Struct. Geol., 6, 617-638

MANN, P., (1999). Caribbean Sedimentary Basins: Classification and Tectonic Setting from Jurassic to Present. En P. Mann (ed.). Caribbean Basins. Sedimentary Basins of the World, 4 (Series Editor: K.J. Hsü), 3-31.

MANN, P., CALAIS, E., RUEGG, J.C., DEMETS C., JANSMA, P.E., MATTIOLI, G.S. (2002).. Oblique collision in the northeastern Caribbean from GPS measurements and geological observations. Tectonics 21, 6, 1- 26

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

MANN, P., MCLAUGHLIN, P., VAN DEN BOLD, W.A., LAWRENCE, S.R., LAMAR, M.E. (1999). Tectonic and Eustatic Controls on Neogene Evaporitic and Siliciclastic Deposition in the Enriquillo Basin, Dominican Republic. In: Caribbean Basins. Sedimentary Basins of the World (Mann, P. Ed.) (Series Editor: K.J. Hsü) 4, 3-31

MANN P., PRENTICE C.S., BURR G., PENA L.R., TAYLOR F.W. (1998). Tectonic geomorphology and paleoseismology of the Septentrional fault system, Dominican Republic. In: Active strike-slip and collisional tectonics of the Northern Caribbean plate boundary zone (Dolan J.F. and Mann P. Eds.) Geological Society of America Special Paper 326, 63-124.

MANN, P., PRENTICE, C., HYPOLITE, J.C., GRINDLAY, N., ABRAMS, L., LAO-DÁVILA, D. (2005). Reconnaissance study of Late Quaternary faulting along Cerro Goden fault zone, Western Puerto Rico. En: MANN, P. (Ed). Active tectonics and seismic hazards of Puerto Rico, the Virgin Islands, and Offshore Areas. Geological Society of America Special Paper, 385, 115-160.

MANN, P.; PRENTICE, C.; KING, W.; DEMETS, C.; WIGGINS-GRANDISON, M.; BENFORD, B. (2008). Late Quaternary Activity and Seismogenic Potential of the

- Gonave Microplate: Plantain Garden Strike-Slip Fault Zone of Eastern Jamaica. American Geophysical Union, Fall Meeting 2008, abstract #T11B-1869
- MANN, P., TAYLOR, F.W., EDWARDS, R.L., KU, TL., (1995).** Actively evolving microplate formation by oblique collision and sideways motion along strike-slip faults: An example from the north-eastern Caribbean plate margin. *Tectonophysics*, 246, 1-69.
- MARCANO F. E. J., TAVARES I. (1982).** Formacion La Isabela, Pleistoceno temprano. Museo Nacional de Historia Natural, Santo Domingo, Publicaiones Especiales, III, 30 pp.
- MAURRASSE, F.J.M. (1981).** New data on the stratigraphy of the southern peninsula of Haiti. En : Transactions du 1er colloque sur la géologie d'Haiti (Maurrasse, F.J.M. Ed.), 184-198. Ministère des Mines et des Ressources Énergétiques Port-au-Prince, Port-au-Prince, Haiti.
- MAURRASSE, G., HUSLER, G., GEORGES, R., SCHIMITT, P., DAMOND. (1979):** Upraised Caribbean Sea floor below acoustic reflector B" and the Southern Peninsula of Haiti, *Geolo, Minjbuow.*, 8, 71-83.
- MONTGOMERY H., PESSAGNO E.A., PINDELL J.L. (1994).** A 195 Ma terrane in a 165 Ma sea. Pacific origin of the Caribbean Plate. *GSA Today*, 1(1), p. 1-6
- NAGLE, F. (1974).** Blueschist, eclogite, paired metamorphic belts, and the early tectonic history of Hispaniola. *Geological Society American Bulletin* 85, 1461-1466
- PALMER, H. C. (1979).** Geology of the Moncion-Jarabacoa area, Dominican Republic. in: Lidz, B., Nagle, F. (eds.), *Hispaniola: Tectonic focal point of the northern caribbean-three geologic studies in the Dominican Republic.* Miami Geol. Soc. 29-68.
- PEREZ ESTAÚN, A., HERNAIZ HUERTA, P.P., LOPERA, E., JOUBER, M. (EDS.),** *Geología de la República Dominicana". Boletín Geológico y Minero, V. 118, N° 2*
- PÉREZ-ESTAÚN A., TAVARES I., GARCÍA CORTES A., HERNAIZ HUERTA P.P. (EDS; 2002).** Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. *Acta Geológica Hispánica* 37, 77-80.
- PEREZ VALERA F., ABAD DE LOS SANTOS M. (2010).** Informe estratigráfico y sedimentológico. Programa SYSMIN II, Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- PERFIT M.R., HEEZEN B.C., RAWSON M., DONNELLY T.W.,(1980)** Metamorphic rocks from the Puerto Rico trench: their origin and tectonic significance, *Marine Geology* 34 125–156.

- PERFIT M.R., MCCULLOCH M.T., (1982).** Nd- and Sr-isotope geoghemistry of eclogites and blueschists from the Hispaniola- Puerto Rico subduction zone, *Terra Cognita* 2 , 325 p.
- PERFIT, M. R., NAGLE, F., AND BOWIN, C. O.,(1982).** Petrology and geochemistry of eclogites and blueschists from Hispaniola. 1st International Eclogite Conference, Clermont-Ferrand, France, p. 20.
- PINDELL J.L. Y DRAPER G. (1991).** Stratigraphy and geological history of the Puerto Plata area, northern Dominican Republic. In: *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola* (Mann P., Draper G., Lewis J.F., Eds.), Geological Society of America Special Paper 262, 97-114.
- PINDELL, J. L., KENNAN, L. (2006).** Mexico and Gulf of Mexico, Exploration Framework Atlas Volume 4: Tectonic Analysis Ltd., non-exclusive report and GIS database.
- PINDELL, J. Y KENNAN, L., (2009).** Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: an update. In: James, K., Lorente, M. A. & Pindell, J. (eds) *The geology and evolution of the region between North and South America*, Geological Society of London, Special Publication.
- PINDELL, J., KENNAN, L., MARESCH, W.V., STANEK, K.P., DRAPER, G., HIGGS, R. (2005).** Plate-kinematics and crustal dynamics of circum-Caribbean arc-continent interactions: Tectonic controls on basin development in Proto-Caribbean margins. In: Lallemand, A. and Sisson V.B. (e,ds.), *Caribbean-South American plate interactions*. Geological Society of America Special Paper, 394, 7-52.
- PRENTICE, C.S., MANN, P., PEA, L.R., BURR, G. (2002).** Slip rate and earthquake recurrence along the central Septentrional fault, North American-Caribbean plate boundary, Dominican Republic, *J. Geophys. Res.* 108, 234-278.
- ROBERT DE VAUGONDY, D., ROBERT DE VAUGONDY, G. (1750).** *Isles de Saint Domingue ou Hispaniola, et de la Martinique. Par le Sr. Robert Geographe ord. du Roy, Avec Privilege.* 1750.
- STEIN, G., ARDEVOL, LL., BOURDILLON, CH., BONNEMAISON, M., ESCUDER VIRUETE, J., LE GOFF, E., ESCUER, J., LOPERA, E., ANTON PACHECO, C., GARCIA LOBON, J.L., MORTENSEN, J.K., ULLRICH, T., FRIEDMAN R. (2004).** Mapa Geológico de la República Dominicana a E. 1:50.000, Restauración (5873-I). Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo, 168
- TARDIEU, A., (1802).** *Carte Générale de L'Ile de St. Domingue.* Paris 1770.

- TEN BRINK, U., MARSHAK S.; GRANJA BRUÑA, J.L (2009).** Bivergent thrust wedges surrounding oceanic island arcs: Insight from observations and sandbox models of the northeastern Caribbean plate. GSA Bulletin; v. 121; no. 11/12; p. 1522–1536
- WEAVER J.D., PANELLA G., LLINAS-CASTELLAN, (1976).** Preliminary sketch of the tectonic history of the Samaná Peninsula, Dominican Republic, presented at “3rd Congreso Latino-Americano de Geología”, Mexico,.
- ZACK, T, RIVERS, T, BRUMM, S., KRONZ, A., (2004).** Cold subduction of oceanic crust: Implications from a lawsonite eclogite from the Dominican Republic, European Journal of Mineralogy, v. 16. p. 909-916.