



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

REPÚBLICA DOMINICANA

**MAPA GEOLÓGICO
DE LA REPÚBLICA DOMINICANA**

ESCALA 1:50 000

LAS LISAS

(6472-IV)

Santo Domingo, R.D., Julio 2002/Octubre 2004

La presente Hoja y Memoria forma parte del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, Proyecto L, financiado, en consideración de donación, por la Unión Europea a través del programa SYSMIN de desarrollo geológico-minero (Proyecto nº 7 ACP DO 024). Ha sido realizada en el periodo 2002-2004 por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA, con normas, dirección y supervisión del Servicio Geológico Nacional, habiendo participado los siguientes técnicos y especialistas:

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

- Ing. Jacques Monthel (BRGM)

COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Jacques Monthel (BRGM)

SEDIMENTOLOGÍA Y LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS

- Ing. Lluís Ardévol Oro (GEOPREP)

MICROPALAEONTOLOGÍA y PETROGRAFÍA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

- Dr. Chantal Bourdillon (Eradata)

PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS

- Dr. Javier Escuder Viruete (Universidad Complutense de Madrid)
- Ing. Catherine Lerouge (BRGM)

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

- Dr. Jesús García Senz
- Ing. Jacques Monthel (BRGM)

GEOMORFOLOGÍA

- Ing. Alberto Díaz de Neira

MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS

- Ing. Jacques Monthel (BRGM)

TELEDETECCIÓN

- Ingra. Carmen Antón Pacheco (IGME)

INTERPRETACIÓN DE LA GEOFÍSICA AEROTRANSPORTADA

- Ing. Jose Luis García Lobón (IGME)

DATAACIONES ABSOLUTAS

- Dr. James K. Mortensen (Earth & Ocean Sciences, Universidad de British Columbia)
- Dr. Tom Ulrich (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. Francisco Javier Montes, Director de la Unidad Técnica de Gestión (AURENSA) del Programa SYSMIN

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

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

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DEL SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

- Ing. Juan José Rodríguez
- 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,
- Mapa de muestras,
- Álbum de fotos,
- Lugares de Interés Geológico,
- Informe sedimentológico del Proyecto L (Zonas Este y Suroeste),

- Informe de petrología y geoquímica de las rocas ígneas y metamórficas del Proyecto L (Zonas Este y Suroeste),
- Informe de interpretación de la geofísica aerotransportada del Proyecto L (Zonas Este y Suroeste),
- Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método U/Pb en los proyectos K y L,
- Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método Ar/Ar en los proyectos K y L.

RESUMEN

La Hoja Las Lisas (6472-IV) está situada en el extremo Noreste de la Cordillera Oriental Dominicana, al nivel de la desembocadura de la Bahía de Samaná en el Océano Atlántico. Es a la vez una región costera, pero al mismo tiempo, un territorio muy montañoso de difícil acceso.

Si se hace abstracción de los recubrimientos cuaternarios de la franja costera y de los aluviones, en la superficie de la Hoja Las Lisas afloran a las formaciones sedimentarias del Cretácico Superior : turbiditas arenisco-conglomeráticas y silto-arcillosas de la Fm Las Guayabas ; turbiditas silto-carbonatadas y arcillosas de la Fm Río Chavón. El espesor total de los terrenos relacionados con estas dos formaciones superpuestas se estima en más de 4000 m.

El contenido de microfósiles indica que la mayor parte de la Fm Las Guayabas que aflora en el territorio de Las Lisas puede atribuirse al período Coniaciano-Campaniano Superior. En el seno de esta formación las subdivisiones diferenciadas en la Hoja comprenden :

- el Mb El Cujano, niveles de conglomerados poligénicos de cantos de rocas básicas y ultrabásicas, cuyo tipo se definió al Sur del pueblo de El Cedro ;
- los niveles de brechas turbidíticas gruesas del Mb Hato Mayor, con amplia representación en el núcleo del anticlinorio que constituye el armazón de la "cordillera" de Las Lisas ;
- el nivel guía de chert de radiolarios del Mb Arroyo La Yabana, cuyo trazado cartográfico es una ayuda preciosa para la comprensión estructural de la Hoja ;
- el Mb Las Auyamas, cuyas facies arenisco-carbonatadas marcan la transición con la Fm Río Chavón.

Las areniscas arcillo-carbonatadas y las calizas de la Fm Río Chavón están circunscrito a los sinclinales situados en límite SO de la Hoja. Cuando puede identificarse la microfauna, la datación las sitúa en el período Santoniano Superior-Maastrichtiano.

Algunos afloramientos puntuales de roca granítica o asimilada, recuerdan la existencia de un episodio intrusivo post-Cretácico, cuya impronta o actividad se aprecia mejor hacia el Sureste, en la vecina Hoja de El Salado.

Los terrenos Cretácicos están deformados por pliegues con dirección NO-SE que generan localmente una esquistosidad de plano axial. Estos pliegues están relacionados con el juego de desgarre de las fallas de dirección NO-SE a NNO-SSE con numerosos ejemplos en el territorio de la Hoja Las Lisas.

Los ríos con régimen torrencial aseguran una reserva suficiente para la alimentación de agua potable de la población local. Desde el punto de vista minero, existe en esta región una tradición de lavado de oro. El oro detrítico se asocia a los recubrimientos cuaternarios, pero el origen primario del metal aún no se ha dilucidado con toda seguridad.

ABSTRACT

The Las Lisas Sheet (6472-IV) is located at the northern end of the Dominican Republic's Eastern Cordillera, where the mouth of the Bahia de Samana opens into the Atlantic Ocean. This is both a coastal region and a very mountainous area, with difficult access.

Apart from the Quaternary cover along the coastal margin and the alluvium, the Las Lisas map area is underlain by Late Cretaceous sedimentary formations : sandy-conglomeratic and silty-argillaceous turbidites of the Las Guayabas Formation, and silty-calcareous and argillaceous turbidites of the Río Chavon Formation. The total thickness of the stacked strata represented by these two formations is estimated at more than 4,000 m.

The microfossil content shows that most of the Las Guayabas Formation cropping out in the Las Lisas area can be assigned to the Coniacian-Santonian period. The subdivisions of this formation, represented in the sheet, are :

- the El Cujano Member, a polygenic conglomerate with basic and ultrabasic pebbles, whose type locality was defined south of the village of El Cedro ;
- the coarse turbiditic breccia of the Hato Mayor Member, widely present in the core of the anticlinorium that forms the main framework of the Las Lisas 'cordillera' ;
- the La Yabana Member with its radiolarian chert marker horizon, whose trace throughout the map area is an invaluable aid in understanding the structural geology ;
- the Las Auyamas Member, whose sandy-calcareous facies forms the transition into the Río Chavon Formation.

The argillaceous-calcareous siltites and limestones of the Río Chavon Formation are restricted to synclines located along the southwestern edge of the map area. Where they can be identified, the microfauna date the rocks as Late Santonian – Maastrichtian.

A few isolated outcrops of granitic or similar rocks provide evidence of a post-Cretaceous intrusive episode, better displayed to the southeast in the adjoining El Salado Sheet.

The Cretaceous strata are deformed by NW-SE-striking folds that locally produce an axial-plane schistosity. These folds are related to displacement of NW-SE to NNW-SSE trending strike-slip faults, which are common in the Las Lisas Sheet.

The torrential rivers provide enough fresh water to supply the local population. As regards mining potential, there is a tradition of gold panning throughout this region. Detrital gold is associated with the Quaternary cover, but the primary origin of this legendary metal remains to be determined.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Situación geográfica	2
1.2	Marco geológico regional	5
1.3	Antecedentes bibliográficos.....	6
1.4	Metodología	8
2	ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA.....	11
2.1	El Cretácico Superior	11
2.1.1	<u>Generalidades</u>	<u>11</u>
2.1.2	<u>La Fm Las Guayabas en la Hoja de Las Lisas.....</u>	<u>14</u>
2.1.3	<u>La Fm Río Chavón en la Hoja de Las Lisas. Calizas detríticas y calizas margosas con intercalaciones de areniscas y lutitas (8). Campaniano-Maastrichtiano. K₂...</u>	<u>22</u>
2.2	Rocas plutónicas de edad y asignación imprecisas.....	23
2.2.1	<u>Dioritas (1).....</u>	<u>23</u>
2.2.2	<u>Diques de rocas básicas (2)</u>	<u>24</u>
2.3	Los Haitises – Plioceno-Pleistoceno.....	25
2.3.1	<u>Generalidades</u>	<u>25</u>
2.3.2	<u>Los Haitises en la Hoja de Las Lisas. Margas y calizas margosas con corales y moluscos (9). Plioceno-Pleistoceno. N₂ – Q₁₋₃</u>	<u>27</u>
2.4	Las Formaciones superficiales cuaternarias.....	28
2.4.1	<u>Alteritas de formaciones cretáceas</u>	<u>28</u>
2.4.2	<u>Conos de deyección, abanicos aluviales y paleoterrazas. Cantos, gravas, arenas, lutitas y arcillas (10). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄</u>	<u>29</u>
2.4.3	<u>Áreas pantanosas. Arcillas y lutitas (11). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄.....</u>	<u>29</u>

2.4.4	Fondos de valle. Gravas, arenas y arcillas (12). Pleistoceno – Holoceno. Q ₁₋₃ – Q ₄	30
2.4.5	Cordón litoral y playas. Arenas (13). Pleistoceno – Holoceno. Q ₁₋₃ – Q ₄	30
2.4.6	Costras arrecifales. Encostramientos, llanuras algales y colonias de Políperos actuales (14). Holoceno. Q ₄	30
3	GEOQUÍMICA Y DATACIONES ABSOLUTAS	33
3.1	Introducción y técnicas analíticas geoquímicas	33
3.2	Estudio geoquímico de muestras de la Fm Las Guayabas	35
3.3	Dataciones absolutas.....	41
3.3.1	Descripción de las técnicas analíticas	41
3.3.2	Resultados y discusión.....	44
4	TECTÓNICA.....	51
4.1	Marco geodinámico.....	51
4.2	Estructura de la Cordillera Oriental.....	54
4.3	Características de las principales estructuras y unidades tectónicas de la Hoja “Las Lisas”	64
4.3.1	Los pliegues	66
4.3.2	Las estructuras frágiles.....	72
4.3.3	Síntesis estructural de la Hoja Las Lisas	73
5	GEOMORFOLOGÍA.....	75
5.1	Análisis geomorfológico	75
5.1.1	Estudio morfoestructural.....	75
5.1.2	Estudio del modelado	76
5.2	Evolución e historia geomorfológica	80

6	HISTORIA GEOLÓGICA.....	83
7	GEOLOGÍA ECONÓMICA	87
7.1	Hidrogeología	87
	<u>7.1.1 Datos climáticos</u>	<u>87</u>
	<u>7.1.2 Red hidrográfica</u>	<u>87</u>
	<u>7.1.3 Principales puntos de abastecimiento.....</u>	<u>88</u>
	<u>7.1.4 Naturaleza e interés de los principales acuíferos.....</u>	<u>91</u>
7.2	Recursos minerales.....	92
	<u>7.2.1 Yacimientos e indicios minerales.....</u>	<u>92</u>
	<u>7.2.2 Canteras de materiales.....</u>	<u>94</u>
8	LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO	97
8.1	L.I.G. n° 1 : Afloramiento tipo del Mb El Cujano (Fm Las Guayabas - Cretácico Superior).....	97
	<u>8.1.1 Croquis de situación</u>	<u>97</u>
	<u>8.1.2 Contenido - Motivación</u>	<u>97</u>
	<u>8.1.3 Acceso.....</u>	<u>98</u>
	<u>8.1.4 Observaciones y comentarios.....</u>	<u>98</u>
	<u>8.1.5 Reseña bibliográfica</u>	<u>99</u>
	<u>8.1.6 Fotos</u>	<u>99</u>
8.2	L.I.G. n° 2 : Vista panorámica del borde costero y DE la morfología general de la Hoja Las Lisas	102
	<u>8.2.1 Croquis de situación</u>	<u>102</u>
	<u>8.2.2 Contenido- Motivación</u>	<u>102</u>
	<u>8.2.3 Acceso.....</u>	<u>103</u>
	<u>8.2.4 Observaciones y comentarios.....</u>	<u>103</u>

8.2.5 Reseña bibliográfica	104
8.2.6 Fotos	104
9 BIBLIOGRAFÍA.....	106

FIGURAS

Figura 1 : Esquema fisiográfico de la Española y localización de la Hoja de Las Lisas.....	4
Figura 2 : Esquema geológico de la Española y localización de la Hoja de Las Lisas (mod. de Lewis J.F.y Draper G., 1990, in Escuder Viruete J. <i>et al</i> , 2002).	4
Figura 3 : Principales puntos topográficos de la Hoja Las Lisas, localización de los accesos y afloramientos estudiados durante la cartografía.....	9
Figura 4 : Mapa geológico de la Cordillera Oriental Dominicana.	10
Figura 5 : Corte estratigráfico sintético de las unidades estratigráficas y las facies del Cretáceo Superior de la Cordillera Oriental. Se ha realizado con la información de la cartografía y cortes geológicos seriados.	12
Figura 6 : Proyección de las rocas de la Fm Las Guajabas en los diagramas Nb/Y versus Zr/TiO ₂ (Winchester y Floyd, 1977), Yb-Th y Zr-Y (Barrett y MacLean, 1999), Ti/1000-V de Shervais (1982), diagrama triangular Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980) y los diagramas binarios SiO ₂ frente a TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , MgO y K ₂ O. Notar las posición de las muestras del Mb Loma La Vega y de los granitoides del sector de Monte Plata en los distintos diagramas.	37
Figura 7 : Diagramas multielementales para las rocas de la Fm Las Guajabas y Mb Loma La Vega agrupados en basaltos andesíticos, amdesitas y dacitas muy ricas en K. Mg# es el número de Mg.	38
Figura 8 : Diagramas extendidos de REE para las rocas de la Fm LasGuajabas y Mb Loma La Vega agrupados en basaltos andesíticos, amdesitas y dacitas muy ricas en K. Mg# es el número de Mg.	40
Figura 9 : Localización de los afloramientos muestreados para dataciones absolutas. Principales resultados. (Proyecto L-Este).	42
Figura 10 : Diagrama de concordia de la datación de la muestra JM-9304, realizada por el método U/Pb. (Hoja de Bayaguana - Proyecto-L-Este).	46
Figura 11 : Diagramas con las edades “plateau” y las isocronas realizadas por el método Ar/Ar de las muestras de granitoides (Proyecto L-Este).	49
Figura 12 : Diagramas con la edad “plateau” y la isocrona realizadas por el método Ar/Ar de la muestra JM-9274 (Hoja de El Seibo - Proyecto L-Este).	50
Figura 13 : Posición de la Placa Caribe. La Isla de La Española está situada sobre la zona activa de desgarre sinistral que separa las placas norteamericana y caribeña (Lewis J.F. <i>et al</i> , 2002).	51
Figura 14 : Principales elementos tectónicos del sistema de arco-isla circum-caribeño de edad Cretácico Superior – Eoceno. (Lewis J.F. <i>et al</i> , 2002).	52
Figura 15 : Corte interpretativo que permite visualizar las relaciones entre La Isla de La Española y las placas Norteamericana y Caribeña (Dolan J.F. <i>et al</i> , 1998).	52

Figura 16 : Posición de La Isla de La Española y relación de los principales cizallamientos sinistros con la falla transformante Polochic/Caiman (Dolan J.F. <i>et al</i> , 1998).	53
Figura 17 : Corte geológico regional entre la Cordillera Oriental Dominicana y la plataforma de las Bahamas. La interpretación de la línea sísmica T7N es de Edgar N.T. (1991), y se ha migrado usando los datos de velocidad del citado autor. El límite de placas marcado por focos de terremotos y la línea sísmica 12 se han extraído de Dolan J.F. <i>et al</i> . (1998). El perfil muestra la Fm Los Ranchos y la tonalita en el núcleo de la cordillera, elevados sobre la placa subducida y erosionados por la Fm Don Juan (discordancia pre-Eoceno) y las fallas transformantes terciarias que limitan la Bahía de Samaná.	55
Figura 18 : Mapa tectónico de la Cordillera Oriental Dominicana con los principales elementos estructurales.	56
Figura 19 : Campo magnético total reducido al polo, localización del Bloque L-Este y de las principales zonas de falla de la República Dominicana.	57
Figura 20 : Cortes geológicos seriados (I-I' a IV-IV') de la Cordillera Oriental Dominicana... ..	60
Figura 21 : Cortes geológicos seriados (V-V' a VIII-VIII') de la Cordillera Oriental Dominicana.	61
Figura 22 : Esquema estructural de la Hoja Las Lisas.	64
Figura 23 : Secciones geológicas de la Hoja de Las Lisas.	65
Figura 24 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de los planos de estratificación del "Sinforme del Cuarón" (59 medidas).	67
Figura 25 : Estereograma (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de los planos de esquistosidad medidos en el "Sinforme del Cuarón" (8 medidas).	68
Figura 26 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de estratificación de la zona que engloba el "Anticlinal de la Cabeza del Soco" y los "Sinclinales de Las Tres Ceibas y de Quisibani" (223 medidas). Estos planos se reparten globalmente siguiendo dos grandes círculos.	68
Figura 27 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de esquistosidad de la zona que engloba el "Anticlinal de la Cabeza del Soco" y los "Sinclinales de Las Tres Ceibas y de Quisibani" (29 medidas).	69
Figura 28 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de estratificación de la zona que engloba el "Anticlinal de Montaña Redonda" y el "Horst de La Cordillera del Séptimo Cielo" (120 medidas). Estos planos se reparten globalmente siguiendo dos grandes círculos.	70
Figura 29 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de esquistosidad de la zona que engloban el "Anticlinal de Montaña Redonda" y el "Horst de La Cordillera del Séptimo Cielo" (64 medidas).	70
Figura 30 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de estratificación de la zona "Sinclinal de El Barrero" (116 medidas). Estos planos se reparten siguiendo dos grandes círculos.	71
Figura 31 : Estereograma (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de esquistosidad de la zona "Sinclinal de El Barrero" (9 medidas).	72
Figura 32 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de estratificación (color amarillo), de esquistosidad (color gris) y de los ejes de micropliegues (rojo) medidos en la Hoja Las Lisas (518 medidas de estratificación, 110 medidas de esquistosidad et 8 ejes de micropliegues). La esquistosidad es el plano axial de los pliegues de dirección N150-155°E.	74
Figura 33 : Diagrama cronostratigráfico que muestra la litología, secuencias deposicionales y los eventos tectónicos registrados en los sedimentos de la Cordillera Oriental. Los datos de la Bahía de Samaná son de Edgar (1991) y los datos del Bloque de San Francisco de Winslow et al. (1991). Las edades radiométricas se han tomado de Bourdon (1985); Kesler et al., 1991; Bellon et al., 1985).	84

Figura 34 : Variaciones mensuales de la pluviometría y de las temperaturas en Sabana de la Mar. Estadísticas establecidas a partir de los datos recogidos entre 1951 y 1988. (de http://www.theweathernetwork.com).	87
Figura 35 : Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de Las Lisas. Los números permiten su correlación con la Tabla 3.	90
Figura 36 : Localización y importancia de los principales canteras de la Hoja de Las Lisas. Los números permiten su correlación con la Tabla 5.	96
Figura 37 : Croquis de situación del LIG 1 : conglomerado de El Cujano.....	97
Figura 38 : Croquis de situación del LIG 2 : cumbre de la Loma Montaña Redonda.	102

TABLAS

Tabla 1 : Localización de los afloramientos citados en el texto.	32
Tabla 2 : Dataciones absolutas realizadas en el Proyecto L-Este.	45
Tabla 3 : Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de Las Lisas. Los números permiten su correlación con la Figura 35.....	89
Tabla 4 : Características de los indicios vistos en la Hoja de Las Lisas.	92
Tabla 5 : Características de las canteras de la Hoja de Las Lisas. Los números permiten su correlación con la Figura 36.....	95

FOTOS

Foto 1 : Afl. JM-9527, LIG 1. Conglomerado de cantos rodados poligénicos en matriz de grauvaca deformada.	99
Foto 2 : Afl. JM-9528, LIG 1. Otro ejemplo de conglomerado poligénico con matriz deformada.	100
Foto 3 : Afl. JM-9528, LIG 1. Siempre la misma facies conglomerática. Notar, en la mitad izquierda de la foto, la presencia de un dique sub-vertical, con estructura simétrica, de naturaleza "dolerita-diabasa".	100
Foto 4 : Afl. JM-9526, LIG 1. Punto de unión de pliegue con esquistosidad de plano axial, en las lutitas asociadas a los conglomerados poligénicos precedentes.	101
Foto 5 : Afl. JM-9464, LIG 2. Foto panorámica desde la cumbre de la Loma Montaña Redonda, vista hacia el NO sobre la Laguna Redonda y, en segundo plano, la Bahía y la "casi" Isla de Samaná.	104
Foto 6 : Afl. JM-9464, LIG 2. Foto panorámica desde la cumbre de la Loma Montaña Redonda, vista hacia el NE sobre la Laguna del Limón.	105

1 INTRODUCCIÓN

Debido al carácter incompleto y no sistemático del mapeo de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través del Servicio Geológico Nacional (SGN), se decidió a abordar a partir de finales de la década pasada, 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 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, bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG) y la supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN), del denominado Proyecto L, cuyo desarrollo se ha producido simultáneamente al del Proyecto K, adjudicado al mismo consorcio.

Este Proyecto comprende, a su vez, dos zonas bien diferenciadas, denominadas Zona L-Este y L-Suroeste, que se localizan en prolongación hacia el Este y el Oeste, respectivamente, del Proyecto C, primer proyecto de estas características que fue ejecutado en el periodo 1997-2000. El Proyecto L incluye, entre otros trabajos, la elaboración de 21 hojas geológicas a escala 1:50.000 que componen la totalidad o parte de los siguientes cuadrantes a escala 1:100.000 :

Zona L-Este

- Monte Plata (Antón Sánchez, 6272-I; Bayaguana, 6272-II; Monte Plata, 6272-III y Sabana Grande de Boyá, 6272-IV),
- El Seibo (Miches, 6372-I; El Seibo, 6372-II, Hato Mayor, 6372-III y El Valle, 6372-IV),
- Las Lisas (Rincón Chavón, 6472-III y Las Lisas, 6472-IV).

Zona L-Suroeste

- Jimaní (La Descubierta, 5871-I; Duvergé, 5871-II; Jimaní, 5871-III y Boca Cachón, 5871-IV),

- Neiba (Villarando, 5971-I; Vicente Noble, 5971-II; Neiba, 5971-III; Galván, 5971-IV),
- Barahona (Barahona, 5970-I y Las Salinas, 5970-IV),
- Azua (Barrera, 6070-IV).

1.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La Hoja de Las Lisas (6472-IV) está situada en el extremo Noreste de la Cordillera Oriental Dominicana, en la desembocadura de la Bahía de Samaná en el Océano Atlántico (Figura 1). Es una región costera, con dos dominios perfectamente definidos: a) región costera y b) zona montañosa. El paso entre estos dos dominios es particularmente neto, subrayado por una importante ruptura de pendiente y una fuerte variación de cotas altimétricas de algunos cientos de metros.

La franja costera (a), con aproximadamente 5 km de ancho, está jalonada por un estrecho cordón litoral arenoso, detrás del cual se encuentran zonas pantanosas y las lagunas Redonda y del Limón.

La zona montañosa (b), que cubre las tres cuartas partes del territorio, constituye un relieve vigoroso que culmina cercano a los 700 m de altitud (Loma Cuarón – 646 m y Loma del Aguacate – 696 m). La línea de cresta corresponde a una divisoria de aguas que al Norte separa ríos estrechos, con un régimen torrencial violento, que desembocan en las lagunas costeras. Estos ríos son : río Cuarón, río Las Lisas y río Nisibón. Es igualmente en esta zona montañosa, denominada por los autóctonos como “cordillera”, adonde nacen los principales ríos que discurriendo hacia el Sur, y desaguan en la Llanura Costera del Caribe : río Soco, río Chavón y río Yuma.

Debido a la fuerte topografía de la zona, la ocupación humana es poco importante y se concentra a lo largo de la carretera costera 104, que une a Miches con Higüey, a través de las aldeas de La Mina, El Cedro, Las Lisas, Sabana de Nisibón y La Laguna. En la “cordillera” se encuentran algunas diseminadas y aisladas fincas, a las que se accede por largos senderos que han de recorrerse a lomo de animales. Actualmente los ríos son las principales vías de comunicación.

Desde el punto de vista administrativo, el territorio de la Hoja Las Lisas pertenece, en su mayoría, a la Provincia del Seibo. Solamente la parte oriental, situada al Este del río Nisibón y de la línea de cresta de la Loma El Séptimo Cielo, es administrado por la Provincia La Altagracia.

Las principales actividades económicas de la región son la ganadería bovina extensiva, el cultivo de arroz y las plantaciones de cocoteros. La pesca es una actividad marginal, practicada por los habitantes locales en las lagunas y, sobre todo, en la Bahía de Samaná desde el pequeño puerto de Miches. La explotación artesanal del oro es anecdótica y su tradición influye todavía en la toponimia local de ciertos lugares: La Mina, El Oro. La economía de la región descansa actualmente en el turismo, pero todavía está en los primeros balbucesos, con la reciente valorización de las playas de Punta del Rey y de Punta Coco por emigrantes de origen suizo. También es una zona donde, a partir de ahora, el medio ambiente será protegido tras la creación de la Reserva Científica Lagunas Redonda y Limón.

El clima tropical es caluroso y muy húmedo, con abundantes precipitaciones en la primavera y un corto período seco entre Enero y Abril. En cualquier estación, las lluvias son frecuentes en la región de Miches, debido a la proximidad del mar y a los relieves, alrededor de los cuales se observan fácilmente la formación de nubes. Este clima es el responsable de una vegetación particularmente frondosa y de una importante alteración arcillosa del sustrato rocoso. Los afloramientos naturales son escasos y es, remontando el lecho de los ríos, donde existen las mejores condiciones para observar las rocas.

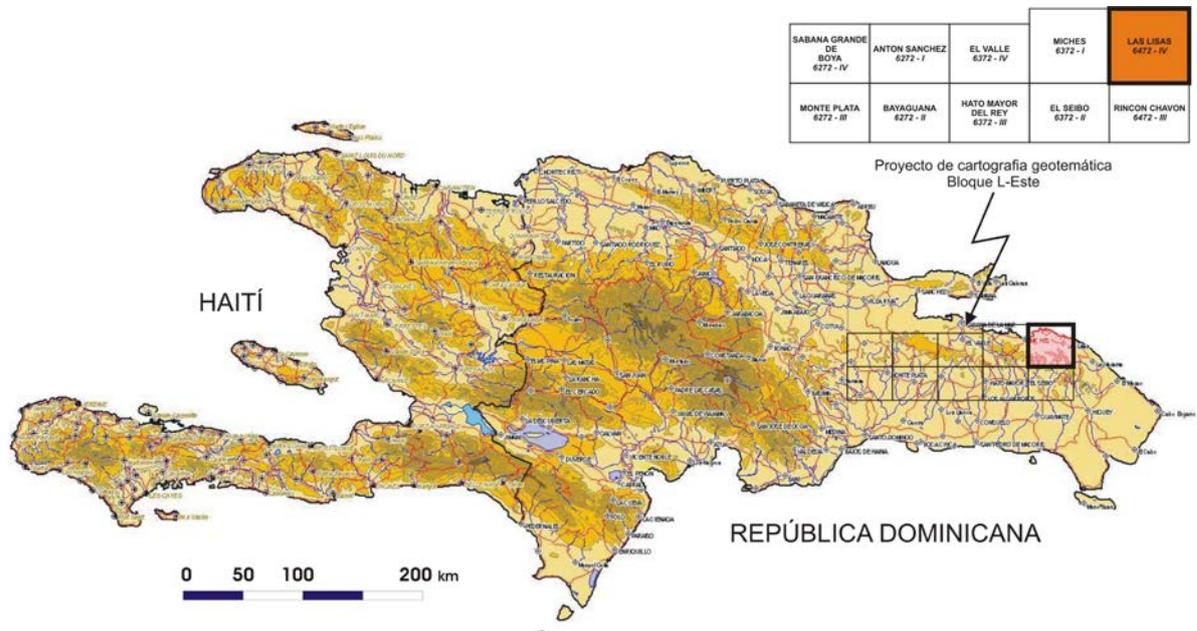


Figura 1 : Esquema fisiográfico de la Española y localización de la Hoja de Las Lisas.

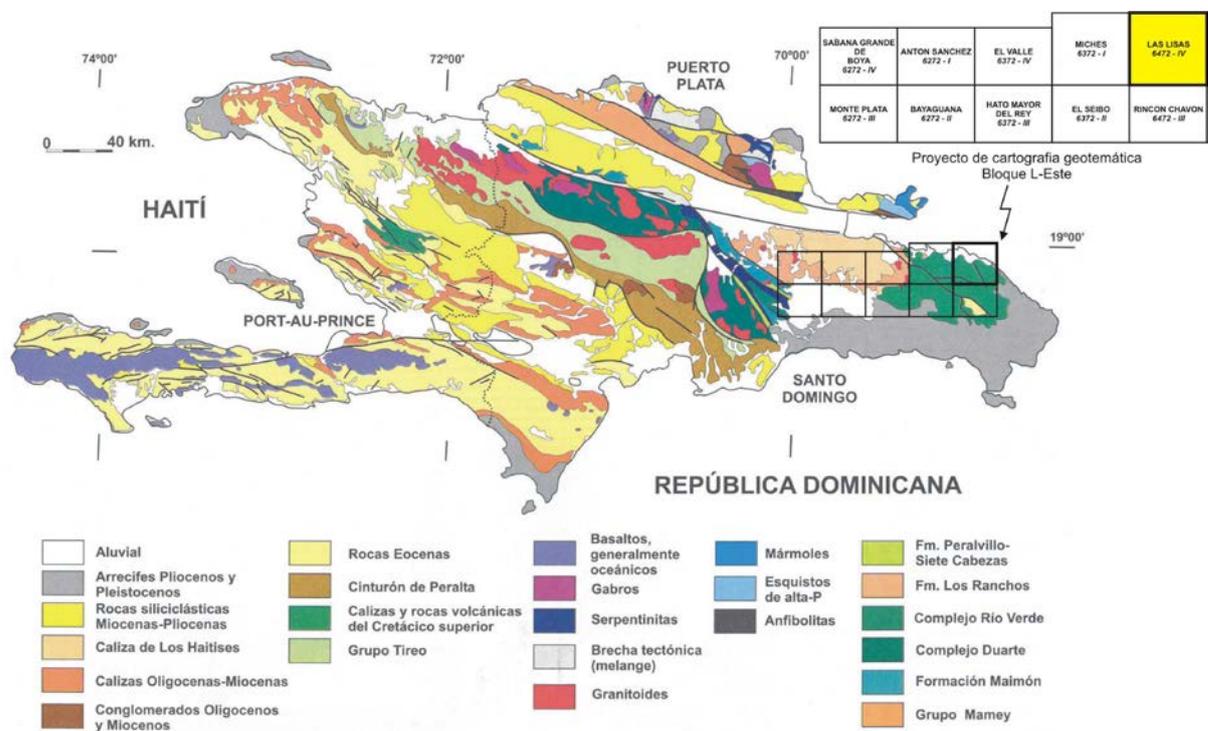


Figura 2 : Esquema geológico de la Española y localización de la Hoja de Las Lisas (mod. de Lewis J.F.y Draper G., 1990, in Escuder Viruete J. et al, 2002).

1.2 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La isla La Española es la segunda en extensión de las Antillas Mayores que forman el segmento septentrional de la cadena de arcos de isla que circunda la Placa del Caribe desde Cuba hasta Venezuela. Entre las denominaciones más habituales para referirse a esta cadena están las de Gran Arco del Caribe (Mann P. *et al.*, 1991). o Arco de Isla Circum-Caribeño (Burke K. *et al.*, 1980). Existe un común acuerdo en que todos los segmentos de este Gran Arco de Islas son litológicamente similares y que todos ellos se empezaron a formar en el Pacífico, a partir del (Jurásico Superior?) - Cretácico Inferior (Mann P. *et al.*, 1991), como un arco volcánico más o menos continuo, el cual migró hacia el Este durante el Cretácico Superior y parte del Terciario, hasta alcanzar su posición actual en la región del Caribe (Pindel J. L. y Barret S.F., 1990 ; Pindel J.L., 1994).

La Española, conjuntamente con Puerto Rico, constituye una unidad que puede interpretarse como una microplaca, limitada al Norte por una zona de subducción con desplazamiento oblicuo a subparalelo a su traza, y al Sur, por otra zona de subducción incipiente a la que se asocia la Fosa de los Muertos (Byrne D.B. *et al.*, 1985 ; Masson D.G. y Scanlon K.M., 1991). El margen norte de la Placa del Caribe ha evolucionado desde constituir un límite controlado por subducción en el Cretácico y parte del Eoceno, a ser hoy, tras la colisión de esta placa con la plataforma de las Bahamas (colision arco-continente), un límite dominado en gran parte por desplazamientos en dirección de carácter senestro que acomodan el desplazamiento hacia el Este de la Placa del Caribe en relación con Norteamérica (Mann P. *et al.*, 1991). La colisión con la plataforma de Las Bahamas, con componente oblicua, fue diacrónica, ya que comenzó en el Eoceno Medio en Cuba (Pardo G., 1975) y terminó en el Oligoceno Inferior en Puerto Rico (Dolan J.F. *et al.*, 1991). Entre estas dos islas, en el segmento correspondiente a La Española, la colisión ocurrió en el intervalo Eoceno Medio-Superior. La tectónica transcurrente comenzó, en este margen norte de la placa, a partir del Eoceno con la apertura del Surco del Caimán (Mann P. *et al.*, 1991) y se mantiene hasta la actualidad, en un contexto fundamentalmente transpresivo para todo el conjunto de la isla.

La Cordillera Oriental es el bloque más extenso de rocas cretácicas (875 km² según Lebrón M.C. y Perfit M.R., 1994) de la aglomeración de terrenos que componen La Española (Mann P. *et al.*, 1991). El límite occidental es el cabalgamiento NO-SE de Hatillo que separa las rocas poco deformadas de la Cordillera Oriental de la banda de rocas de edad equivalente,

pero fuertemente deformadas y con peridotita serpentizada (Peridotita de Loma Caribe), del Cinturón Intermedio (Bowin C., 1966). El límite norte rectilíneo son las fallas E-O de la Bahía de Samaná, que prolongan la cuenca del Cibao de La Española Central, donde se ha acumulado un espesor considerable de sedimentos neógenos. Hacia el Sur y hacia el Este, la Cordillera Oriental termina enterrada bajo la plataforma de carbonatos plio-cuaternaria de la Llanura Costera del Caribe.

La mayor parte del espesor de la corteza de la Cordillera Oriental la forman varios kilómetros de rocas generadas en el Cretácico por acumulación de magma y sedimentos sobre la zona de subducción, en un arco de islas volcánico (Bowin C., 1975). Estas rocas incluyen lavas y rocas volcanoclásticas cubiertas por calizas de edad cretácico inferior, epiclastitas y otras rocas sedimentarias de edad cretácico superior y granitoides intrusivos (plutones de El Valle y de Sabana Grande de Boyá).

Las series terciarias discordantes están dominadas por detríticos y carbonatos con una proporción de componentes de origen volcánico menor que las series cretácicas. El Paleógeno forma afloramientos discontinuos mientras que el Neógeno está representado por una plataforma de carbonatos que se extiende desde la bahía de Samaná hasta la costa del Caribe, y que desde su depósito, ha sido arqueada como un anticlinorio.

La Hoja de Las Lisas se sitúa en la esquina de la Cordillera Oriental (Figura 2). Con excepción de los recubrimientos cuaternarios que marcan la zona costera, los terrenos que componen el sustrato rocoso de la región pertenecen al Cretácico Superior. Corresponden a una potente serie sedimentaria compuesta por turbiditas arenisco-arcillosas (Fm Las Guayabas), cuyos términos superiores se enriquecen en carbonatos (Fm Río Chavón). Estos terrenos están intensamente plegados y con fallas que siguen una dirección constante NO-SE. El modelado de los relieves y el trazado de la red hidrográfica están profundamente condicionados por esta dirección.

1.3 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Las primeras observaciones geológicas se remontan a finales del siglo XIX. (Gabb W.M., 1881) incluye un corte transversal de la Cordillera Oriental en el que interpreta correctamente la existencia de un sustrato de rocas cretácicas y una cobertera delgada discordante de rocas terciarias. Casi 100 años después, aparecen varias publicaciones sobre la geología de

La Española (Douglas R.C., 1961 ; Blesch R.R., 1966) que culminan en la tesis de Bowin C. (1966) y su publicación posterior de 1975. Al final de esta etapa se conoce mejor el Cinturón Intermedio que la Cordillera Oriental, como muestra la cartografía de síntesis de Bowin C. (1975) donde la geología de la Cordillera Oriental se compone de un Cretácico indiferenciado, un Terciario reciente y afloramientos puntuales de rocas ígneas; y la estructura se reduce a medidas dispersas de orientaciones y a la traza cartográfica de dos fallas principales.

La tesis de Bourdon L. (1985), añade un detalle considerable al conocimiento de la Cordillera Oriental, principalmente en los aspectos estratigráficos, paleontológicos y en la petrología de las rocas ígneas. El mapa geológico 1:100.000 que la acompaña representa las formaciones más significativas y ha sido reproducido con pocos cambios en las cartografías de síntesis de Lebrón M.C. y Mann P. (1991) y del Servicio Geológico Nacional y el BGR alemán (Toloczyki M. y Ramirez I., 1991).

Los estudios temáticos en la Cordillera Oriental se centran en la geología y geoquímica de la Fm Los Ranchos debido a su contenido en metales preciosos (Informes internos de Falconbridge Dominicana, 1988 ; Kesler S.E. *et al.*, 1991 ; Russell N. y Kesler S.E., 1991 entre otros). Las rocas volcánicas del Cretácico Superior y el plutón de tonalita de El Valle han sido estudiados desde un punto de vista petrológico, geoquímico y geocronológico por Kesler S.E. *et al.* (1991) ; Bourdon L. (1985) ; Bellon H. *et al.* (1985) ; Lebrón M.C. (1989) ; Lebrón M.C. y Perfit M.R. (1993) ; Kesler S.E. *et al.* (1991).

Los primeros reconocimientos geológicos de la región de Las Lisas se realizaron a fines de los años 1970, en el marco de un proyecto de cooperación entre el Servicio Geológico Nacional y la Organización de Estados Americanos (Proyecto SGN – OEA, Cordillera Oriental). Los resultados principales se publicaron en ocasión de la 9^{na} Conferencia Geológica del Caribe, celebrada en Santo Domingo en 1980 (Kulstad R., 1980).

Pero fue Bourdon L. (1985) quien realizó en su tesis, la primera hoja geológica, a escala 1/100 000, de la región de Las Lisas, con un buen número de observaciones litoestratigráficas y estructurales, así como algunas dataciones (Bourdon L. *et al.*, 1984) que aún sirven como referencia a escala de la Cordillera Oriental. Este importante trabajo está todavía vigente, aunque las interpretaciones estructurales han evolucionado.

Más tarde, estos diferentes estudios apoyaron la Hoja geológica a escala 1/250 00 publicada por BGR en 1991 (Toloczyki M. y Ramirez I., 1991), así como la Hoja de síntesis a escala de 1/150 000 publicada por "The Geological Society of America" en el marco del "Special Paper 262" también en 1991 (Lebrón M.C. y Mann P., 1991).

1.4 METODOLOGÍA

Los trabajos de campo se efectuaron durante el verano del año 2003. Se iniciaron con el estudio de las fotos aéreas de escala aproximada 1:30 000. Todos los puntos de afloramiento, y los accesos utilizados en vehículo 4x4, se georeferenciaron utilizando sistemáticamente un GPS Garmin 12XL (Figura 3). Los trabajos de gabinete se efectuaron a medida que avanzaban los trabajos, utilizando el soporte topográfico regular, a escala 1:50 000.

Se ha utilizado la información académica en forma de tesis y de publicaciones en revistas especializadas; informes internos de investigación minera y trabajos de hidrogeología aplicada.

Para la identificación y seguimiento de estructuras profundas o subaflorantes ha sido de gran utilidad el Mapa Aeromagnético de la Republica Dominicana (Compagnie Générale de Géophysique, 1999). El mapa ternario de Uranio-Torio-Potasio ha demostrado ser asimismo muy sensible a la señal en superficie de las rocas volcánicas, calizas y areniscas que componen la mayor parte de las áreas cartografiadas en el Proyecto L-Este.

De forma coordinada con la elaboración de la Hoja, se diseñó la cartografía Geomorfológica y de Procesos Activos Susceptibles de Constituir Riesgos Geológicos del cuadrante correspondiente, a escala 1:100 000.

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 Geológico y Minero 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).

Las principales dificultades encontradas, están unidas a las pésimas condiciones de afloramiento, debido al gran recubrimiento vegetal y al difícil acceso a numerosos sectores. Para realizar la cartografía se utilizó principalmente la red hidrográfica. Este recurso, tiene sin embargo sus límites, en particular cuando el desnivel se acentúa, el río toma un régimen torrencial y su lecho se llena de bloques; se vuelve entonces difícil continuar la exploración en condiciones de razonable seguridad.

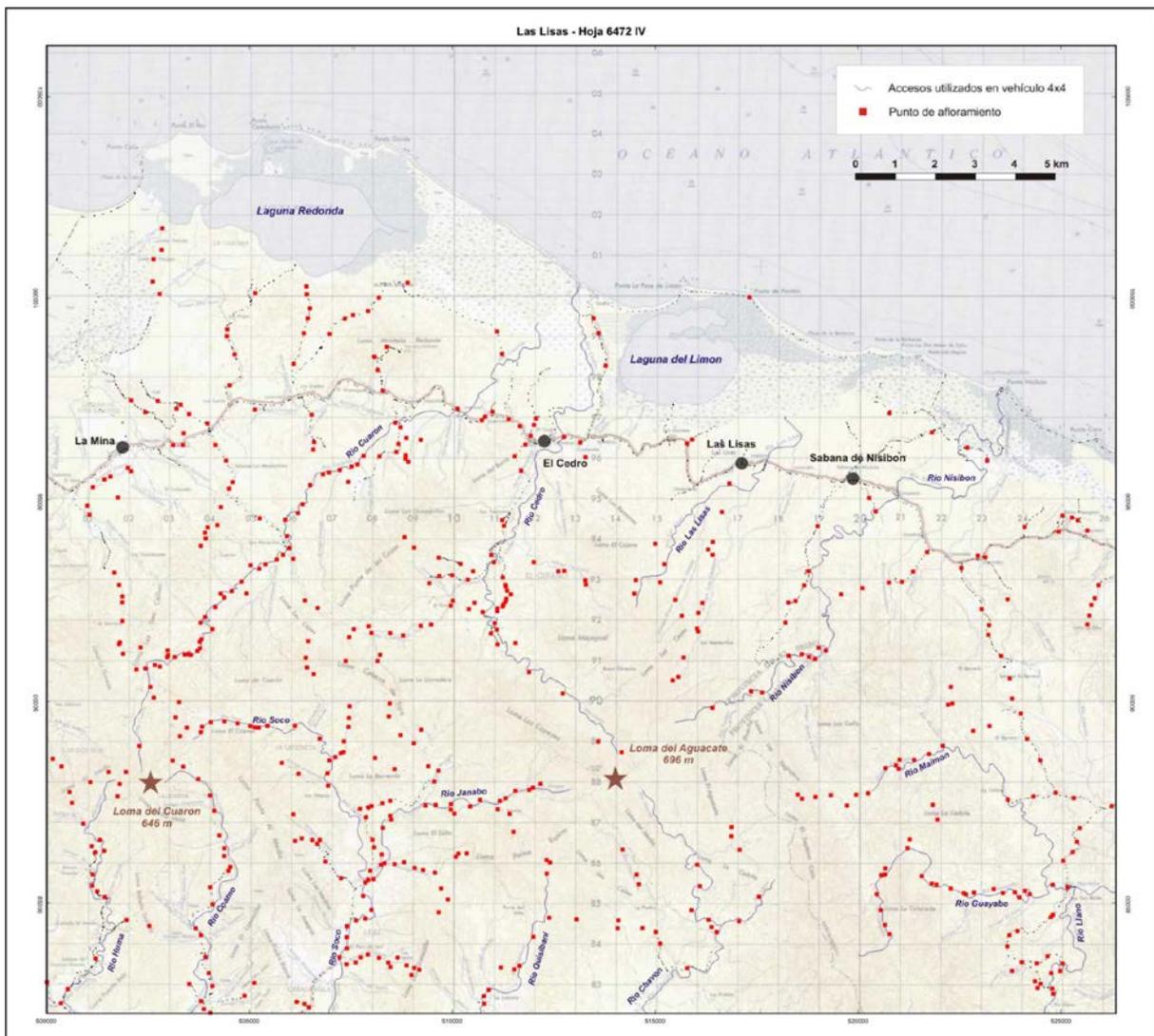


Figura 3 : Principales puntos topográficos de la Hoja Las Lisas, localización de los accesos y afloramientos estudiados durante la cartografía.

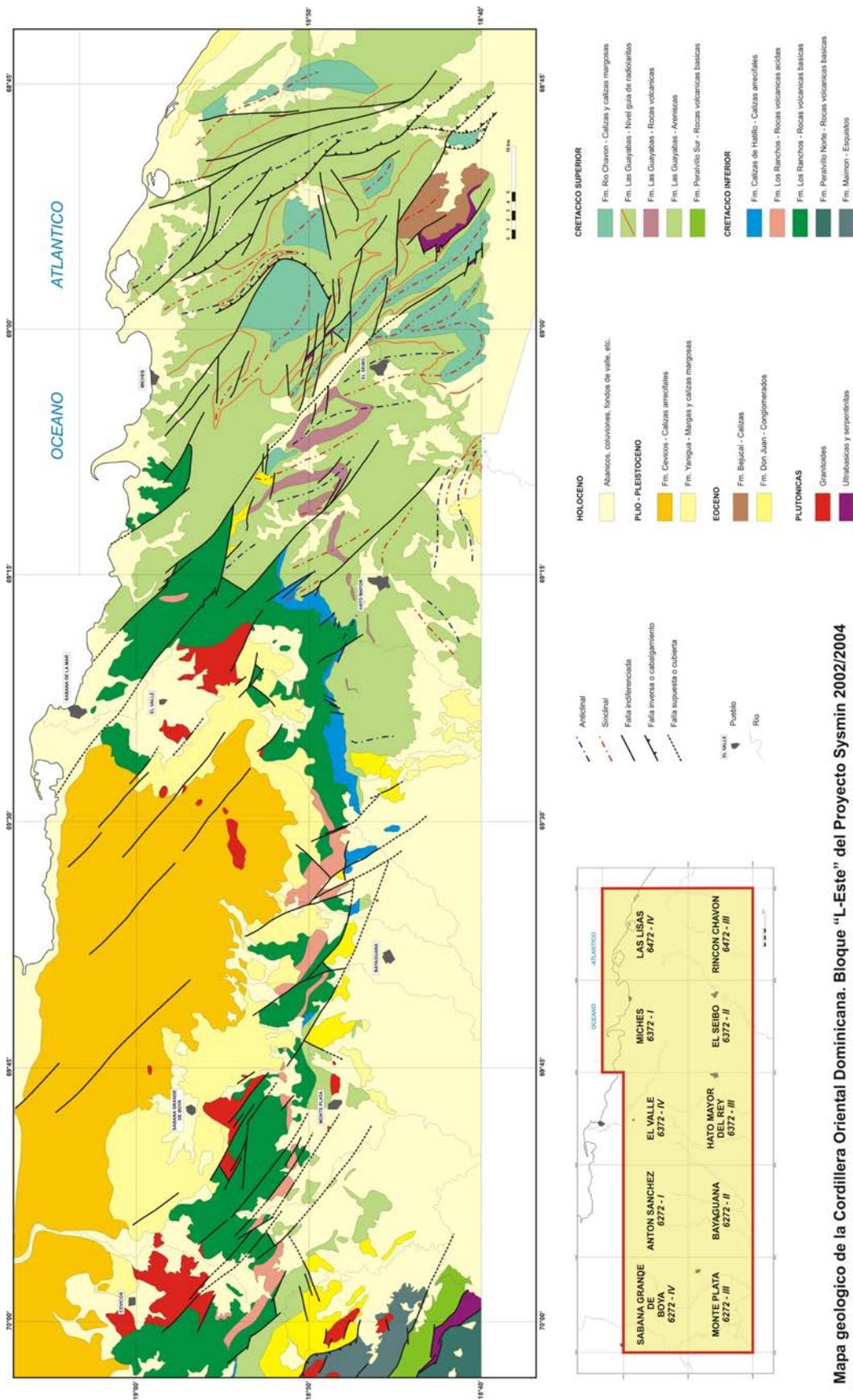


Figura 4 : Mapa geológico de la Cordillera Oriental Dominicana.

2 ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA

Si se hace abstracción de los recubrimientos cuaternarios de la franja costera y de los aluviones de los principales ríos, el territorio cubierto por la Hoja Las Lisas (Figura 4) pertenece a las formaciones del Cretácico Superior : turbiditas arenisco-conglomeráticas y silto-arcillosas de la Fm Las Guayabas ; turbiditas silto-carbonatadas y arcillosas de la Fm Río Chavón. El espesor total de las rocas relacionadas con estas dos formaciones superpuestas se estima en más de 4000 m.

Algunos afloramientos puntuales de roca granítica, o asimilada, recuerdan la existencia de un episodio intrusivo post-Cretácico, que se encuentra bien representado en el SE, en la Hoja vecina de El Salado, con el macizo tonalítico de La Curtiembre.

2.1 EL CRETÁCICO SUPERIOR

2.1.1 Generalidades

En la Cordillera Oriental, el Cretácico Superior está representado por potentes series de rocas volcanoclásticas agrupadas mayoritariamente en la Formación Las Guayabas (Lebrón M.C. y Mann P., 1991) (Figura 4). Los afloramientos se extienden entre el cabalgamiento de Hatillo que limita con la Cordillera Central y la costa este de la isla. Entre Bayaguana y Monte Plata la Formación Las Guayabas ocupa un área deprimida cubierta por sedimentos recientes que impiden la observación de su techo. La sucesión más completa, de unos 6 km de espesor, está expuesta al Este de Hato Mayor (Figura 5) en los principales relieves de la Cordillera. Los estratos son en general más jóvenes hacia el Sur y se hallan plegados y cortados por fallas en dirección que ponen en contacto rocas de diferentes edades y facies, dificultando la correlación.

La secuencia del Cretácico Superior está limitada por dos discordancias. La inferior, sobre la Fm Caliza de Hatillo, es un contacto que asciende y desciende en la serie estratigráfica, con saltos bruscos que coinciden con fallas. La superior es una discordancia bajo la Formación Don Juan (Eoceno) (Bowin C., 1966 ; Bourdon L., 1985) que trunca pliegues contractivos, llegando a erosionar a todo el Cretácico Superior.

Dentro del conjunto mayoritariamente volcanoclástico se diferencian diversas litologías que permiten la subdivisión estratigráfica: areniscas epiclásticas y tobas, lavas, radiolaritas y calizas. Bourdon L. (1985) ha cartografiado y descrito estas litologías con el apoyo de dataciones, agrupándolas en dos unidades, El Seibo y El Oro, separadas por un cabalgamiento este-oeste. Posteriormente, Lebrón M.C. y Mann P. (1991) proponen una nomenclatura estratigráfica formal que prescinde de la división de El Seibo y El Oro, pero no soluciona el problema de correlación a ambos lados del cabalgamiento. Las nuevas cartografías del proyecto SYSMIN (2003-2004) contienen avances en el conocimiento estructural y en la definición de los límites lito y cronostratigráficos de las unidades, que permiten por primera vez unificar la estratigrafía de la Cordillera Oriental.

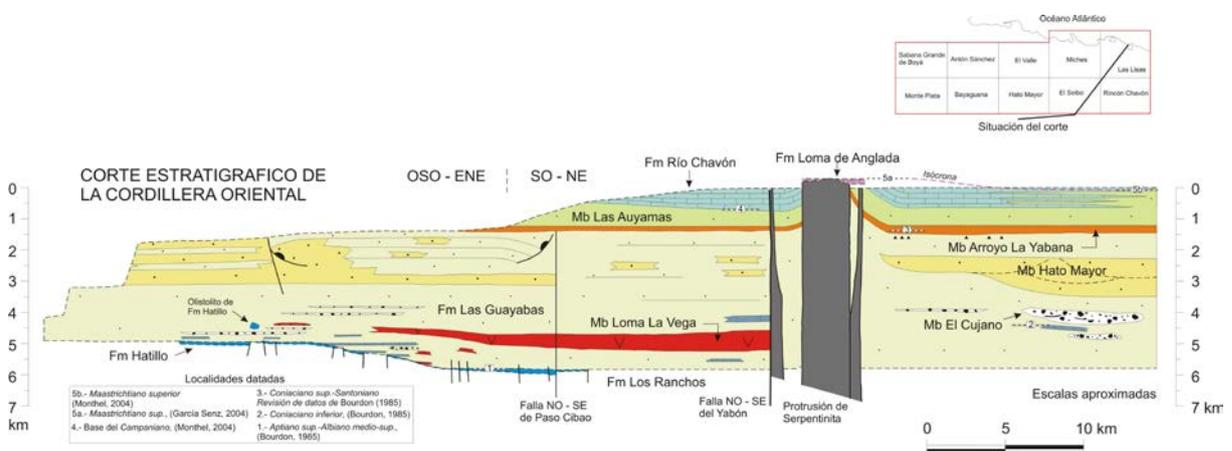


Figura 5 : Corte estratigráfico sintético de las unidades estratigráficas y las facies del Cretáceo Superior de la Cordillera Oriental. Se ha realizado con la información de la cartografía y cortes geológicos seriados.

Ahora, en el Cretáceo Superior, se diferencian (Figura 5) :

- la Fm Las Guayabas, con areniscas finas-medias de color oscuro, estratificadas en capas regulares planoparalelas. Dentro de esta Formación, las subdivisiones diferenciadas comprenden : el Mb Loma La Vega (lavas, brechas tobáceas y cineritas) ; el Mb El Cujano (conglomerados), el Mb Hato Mayor (brechas y areniscas gruesas, turbidíticas), el Mb Arroyo La Yabana (radiolaritas) y el Mb Las Auyamas (lutitas carbonatadas) ;
- la Fm Río Chavon, que consiste predominantemente en capas de calcarenitas y calizas margosas con intercalaciones de areniscas y lutitas ;

- la Fm Loma de Anglada, con areniscas carbonatadas y calizas masivas de plataforma.

La biostratigrafía del Cretácico Superior se basa en foraminíferos plantónicos, radiolarios y ammonoideos. Debido a la restricción batimétrica, los rudistas aparecen y son útiles únicamente al final del Cretácico. El piso Cenomaniano no se ha podido separar del Albiano. El Turoniano Inferior-Medio está representado por la zona de *Helveto-globotruncana helvética*, reconocida por Bourdon L. (1985) en una muestra de turbiditas calcáreas del tramo inferior de la Fm Río Chavón. Se trata con seguridad de fósiles resedimentados que yacen sobre depósitos asignados al Coniaciano por el mismo autor. El Coniaciano está representado en una serie dilatada que corresponde aproximadamente a la mitad del espesor total del Cretácico Superior. Ammonites del Coniaciano Inferior han sido citados en calizas intercaladas entre el Miembro El Cujano (Bourdon L. *et al.*, 1983 ;1984 ; Bourdon L.,1985); y una asociación de radiolarios del Coniaciano se ha reconocido en el Mb Arroyo La Yabana (Bourdon L., 1985). El estudio de foraminíferos plantónicos y radiolarios recogidos en sucesión vertical en la Hoja de El Seibo permite acotar el límite Santoniano-Campaniano próximo a la base de la Formación Río Chavón (Monthel J., 2004). Este dato contrasta una vez más con la fauna plantónica de edad coniaciano-santoniano citada por Bourdon L. (1985) en la Formación Río Chavón, sugiriendo ya sea que la fauna se halla resedimentada, o que la base de la Formación Río Chavón es más diacrónica de lo que hasta ahora se ha supuesto.

El Maastrichtiano se ha reconocido por fauna bentónica de sulcoperculinas y orbitoideos en la Formación Loma de Anglada (Bourdon L., 1985; García Senz J., 2004) y el Maastrichtiano Superior por rudistas de la asociación *Titanosarcolites* (J.M. Pons, *com. personal*). No es segura la presencia del globigerínido terciario *Acarinina* sp. en la parte superior de la Formación Loma de Anglada (det. L. Granados).

La sección estratigráfica está dominada por detríticos volcánicos. El volumen de detríticos de origen sedimentario es insignificante en unidades situadas bajo las radiolaritas del Miembro Arroyo La Yabana, pero se incrementa en rocas más recientes provenientes de una plataforma de carbonatos. Los foraminíferos plantónicos, radiolarios y ammonoideos presentes en la sección del Cretácico Superior indican un ambiente de mar profundo, con excepción de la Formación Loma de Anglada que termina el ciclo deposicional. Las estructuras sedimentarias son características de transporte por gravedad, ya sea por

corrientes turbidíticas o por flujos en masa en abanicos submarinos. La escasez de datos de paleocorrientes y la dificultad de ordenar las variaciones de tamaño de grano en términos de proximal a distal impiden por el momento la reconstrucción de los sistemas deposicionales.

Se considera que el contexto tectónico y deposicional del sedimento del Cretácico Superior es una cuenca de antearco desarrollada sobre el arco volcánico de la Formación Los Ranchos (ej. Bourdon L., 1985 ; Mann P. *et al.*, 1991 y otros autores) y rellena por detríticos procedentes del arco volcánico y de un basamento metamórfico comparable al que actualmente existe en la Península de Samaná.

2.1.2 La Fm Las Guayabas en la Hoja de Las Lisas

A escala de la Hoja y debido principalmente a la fracturación y al plegamiento, es difícil precisar la potencia de la Fm Las Guayabas. No se conoce su base, se sabe que reposa en discordancia sobre la Fm Calizas de Hatillo no presente en la Hoja. En cambio, el término superior, que asegura la transición con la formación arcillo-carbonatada suprayacente de Río Chavón, está bien representado. Por lo menos, 3000 m de serie afloran en el dominio de la Hoja.

En el seno de esta formación, las subdivisiones que se distinguen cartográficamente son las siguientes :

- Fm Las Guayabas, facies de turbiditas y areniscas indiferenciadas ;
- Mb El Cujano, niveles de conglomerados poligénicos de cantos rodados de rocas básicas y ultrabásicas, cuyo tipo fue definido por Bourdon L. (1985) al Sur del pueblo de El Cedro ;
- Mb Hato Mayor, brechas turbidíticas gruesas con amplia representación en el núcleo del anticlinorio que constituye el eje mayor de la “cordillera” de Las Lisas ;
- Mb Arroyo La Yabana, nivel guía de chert con radiolarios cuyo trazado cartográfico es una ayuda preciosa para la comprensión estructural de la Hoja ;

- Mb Las Auyamas, cuyas facies arenisco-carbonatadas marcan la transición a la Fm Río Chavón.

2.1.2.1 Fm Las Guayabas. Facies indiferenciadas : areniscas y lutitas en capas delgadas, plano-paralelas (3). Cretácico Superior. K₂

Estas son sucesiones de secuencias turbidíticas elementales que contienen grauvacas, areniscas feldespáticas más o menos gruesas, areniscas y areniscas finas laminadas, siltitas y lutitas. El conjunto es relativamente monótono, y alcanza potencias pluri-hectométricas a kilométricas. Globalmente, a escala de la formación, se constata una evolución vertical, con predominio de facies gruesas, ricas en restos volcánicos en la base, y de siltita y lutita en el techo, con la aparición de una matriz carbonatada y la individualización de bancos de calizas detríticas.

En afloramiento, las grauvacas, las areniscas feldespáticas y las areniscas, constituyen los bancos regulares de potencia centimétrica a métrica. Su color va del gris al marrón verdusco y a menudo presentan una textura laminada, centimétrica a decimétrica, que corresponde a una sucesión de microsecuencias de granoclasificación vertical. Las estructuras sedimentarias de tipo "laminación cruzada" o "entrecruzada" son menos frecuentes. También, es habitual observar figuras convolutadas, con sucesiones características de secuencia turbidítica en la serie de Bouma. Las superficies de estratificación son nítidas, regulares y siempre bien marcadas, subrayadas por finas intercalaciones silto-pelíticas marrón negruzco. Presentan, en ocasiones, figuras sedimentarias de corriente ("flute cast"), de cargas ("load cast"), y/o de bioturbación.

En lámina delgada (JM-9508, 9553 y 9744), las areniscas y las areniscas feldespáticas o litarenitas, presentan una litofase heterogénea, con una relativa abundancia de restos de feldespato, de frecuentes fragmentos de basalto y/o de roca volcánica indiferenciada, de fragmentos de chert, de micrita, y otros. Es de notar la presencia bastante constante, pero siempre en poca cantidad, de minerales de rocas básicas a ultrabásicas: olivino y augita, en elementos detríticos. La biofase es muy escasa. Cuando existe, está muy recristalizada y/o silicificada y su identificación es difícil. Se trata principalmente de conchas de foraminíferos planctónicos (Globotruncanidae) y/o de radiolarios. La matriz está compuesta en general por granos muy finos de feldespato y de filosilicatos.

Las siltitas y las lutitas tienen un tinte entre gris-oscuro y gris-azuloso. Conforman pequeños bancos de potencia milimétrica a métrica, organizados en alternancias rítmicas más o menos bien estratificadas. Son frecuentes en esta facies niveles de arcillas negras con restos de material arcilloso-siltítico con matriz de filita muy fina.

En lámina delgada (JM-9461, 9524, 9636, 9747, 9754 y 9884), las facies finas de tipo areniscas finas y siltitas contienen, además de una litofase de origen volcanoclástico y de la clase de silts, una biofase de foraminíferos planctónicos. Estos microfósiles son difícilmente identificables pues las conchas a menudo se recrystalizan. Algunos datos confirman la atribución al Cretácico Superior, por la presencia de Globotruncanidae y raramente de Heterohelicidae.

En términos de facies, las diferentes rocas observadas, corresponden con los depósitos de origen turbidítico en medio de cuenca, en la llanura abisal, con participación clástica procedente del desmantelamiento de material de origen volcánico y volcano-sedimentario.

2.1.2.2 Fm Las Guayabas. Mb El Cujano. Conglomerados de rocas básicas y ultrabásicas (4). Cretácico Superior. K₂

Se trata de lentejones de conglomerado muy deformado con matriz y elementos de composición básica, con profundas alteraciones talcosas, serpentínicas, que observó y describió, por primera vez Bourdon L (1985) en dos lugares muy precisos de la Hoja :

- en el lugar llamado El Cujano, en el camino que une El Cedro con la localidad de El Oro ;
- y sobre la estribación norte de la Loma Los Guazaritos, muy cerca del valle del río Cuarón.

En ambos casos, se trata de afloramientos muy puntuales, sin gran continuidad, sobre los cuales es difícil precisar las relaciones geométricas entre esta facies particular y el medio ambiente clásico de turbiditas de las areniscas de la Fm Las Guayabas. La facies se sitúa en una especie de esquina tectónica profundamente afectada por el juego sucesivo de accidentes E-O y N130°E. Está muy deformada por una esquistosidad de "plano axial" e intruida por diques de tipo dolerita-diabasa.

L. Bourdon (1985) realizó un muestreo bastante completo de esta facies del que da una descripción muy detallada :

- todos los cantos son de naturaleza básica a ultrabásica. Son muy redondeados y de diámetro centimétrico a decimétrico. Se reconocieron desde lavas básicas con feldespatos alterados y anfíbol automorfo, doleritas con anfíbol fibroso incoloro, gabros de grano grueso, gabros con piroxeno, fragmentos de piroxenita, elementos de acumulados transformados en anfíboles fibrosos, etc.,
- el cemento está compuesto por una arenita gruesa muy alterada, serpentinitica y esquitosada.

El estudio microscópico del cemento (JM-9967) puso en evidencia numerosos extraclastos de naturaleza volcánica y sedimentaria : fragmentos de arcillas, de roca volcánica con textura microlítica, pepitas de moscovita, cristales de magnetita, de augita y de clorita. No se observó biofase.

Este conglomerado, con cantos rodados dispersos dentro de una matriz de grauvaca, corresponde a un depósito de tipo “debris flow”, depositado bajo el efecto de corrientes de gravidez turbidítica, en un medio submarino de pie de talud. Podemos pensar que esta facies se deriva de la erosión de material intrusivo con predominancia básica, como se le conoce en la periferia de los batolitos tonalíticos intrusivos en los terrenos volcánicos de Fm Los Ranchos de la Cordillera Oriental. L. Bourdon consideraba que podría tratarse de la erosión de un “complejo ofiolítico”, lo que posiblemente no es necesario para fundamentar la composición dominante básica de esta facies.

2.1.2.3 Fm Las Guayabas. Mb Hato Mayor. Brechas poligénicas y areniscas gruesas (5). ¿Coniaciano – Santoniano?. K₂

La facies se presenta como a una sucesión plurimétrica de bancos irregulares de brechas poligénicas soldadas y areniscas gruesas. Este miembro constituye el eje central de la Hoja, desde la Loma La Colorada, hacia el S-SE, y hasta la Loma Majagual en el centro norte. Hacia el Noreste vuelve a encontrarse una faja de facies equivalente, sobre la estribación norte de Loma Montaña Redonda.

Esta entidad corresponde a una facies particular, más que a un nivel litoestratigráfico bien definido en el seno de la Fm Las Guayabas. En efecto, presenta importantes variaciones de potencia en los diferentes sectores donde se ha distinguido. Su espesor se estima cercano a los 1500 m en la zona central de la “cordillera”, aunque en el flanco norte de la Loma Montaña Redonda, estaría en el orden de 500 m.

Los elementos de esta brecha son a menudo angulosos, de talla variable, centimétricos a décimétricos, mal clasificados, dispersos y englobados en la matriz. El carácter poligénico se manifiesta por la presencia de fragmentos de rocas efusivas (basalto, lava con textura microlítica y/o porfírica), fragmentos de rocas intrusivas con textura granuda (dolérita, gabro con olivino, granodiorita), fragmentos de chert con radiolarios, fragmentos de roca sedimentaria carbonatada (micrita silicificada con foraminíferos planctónicos, caliza micrítica oscura).

La matriz de grauvaca está constituida por granos detríticos angulosos y por fragmentos monocristalinos. El estudio microscópico de 11 láminas delgadas, recogidas en diferentes puntos del afloramiento de esta facies, mostró la existencia de fenocristales de feldespatos (sobre todo de plagioclasas, los alcalinos son muy escasos), de cristales de piroxeno a menudo alterados, de olivino y de clorita. El cuarzo es poco frecuente y la magnetita rara. El cemento es muy oscuro, microcristalino, silicatado o filosilicatado. Subraya con frecuencia un inicio de metamorfismo y la adquisición de una esquistosidad precoz. Es generalmente duro y compacto con gran participación en el carácter soldado de la brecha.

En estas facies gruesas, existe una biofase, muy poco abundante, y sobre todo mal preservada, a base de foraminíferos planctónicos y de radiolarios. Ninguna de las muestras estudiadas en lámina delgada permite precisar la estratigrafía de esta facies que se atribuye globalmente al Cretácico Superior “alto”. Es aparentemente en esta facies (cuadrícula UTM, X = 8,5, Y = 92,8), en el seno de un nivel de caliza detrítica, en la que L. Bourdon descubrió un cierto número de ammonites, algunos en muy buen estado de conservación. Estos ammonites corresponden a *Peroniceras moureti* de Grossouvre y *Peroniceras sp. cf. tridorsatum* (Schüter). Estas especies son características de la parte inferior del Coniaciano y están presentes en el Caribe y en el Golfo de México (Bourdon L. *et al.*, 1984)

Estas facies brechoides y conglomeráticas aparecen localmente muy deformadas, cortadas por filones de cuarzo o cuarzo + carbonatos, afectados sobre todo por una esquistosidad

gruesa, materializada por el alineamiento y el alargamiento de los clastos y cantos. Fuera de las charnelas de los pliegues, esta esquistosidad es sub-paralela al plano de estratificación ; es el origen de la disyunción de la roca, bajo la forma de lentejones y cojines pluridecimétricos. Esta esquistosidad es repartida irregularmente ; se identifica mucho mejor en la proximidad de las fallas longitudinales que limitan la extensión cartográfica de la facies.

El ambiente deposicional se considera como turbidítico que engloba diversos elementos nacidos del desmantelamiento de un sustrato volcánico-sedimentario e intrusivo, así como de varios elementos de plataforma carbonatada. La facies, la disposición y la textura son características de depósitos oceánicos, de corrientes de turbidez, y demuestran el carácter sintectónico de las mismas.

2.1.2.4 Fm Las Guayabas. Mb Arroyo La Yabana. Radiolaritas laminadas en capas finas (6). ¿Coniaciano – Santoniano?. K₂

Con una potencia de al menos 200 m, el nivel de chert con radiolarios que caracteriza la Mb Arroyo La Yabana, constituye un excelente nivel guía, que rompe con la monotonía de la parte superior de la Fm Las Guayabas. Su cartografía, permite visualizar la importancia de los pliegues que afectan al conjunto de la formación.

Este nivel silíceo, endurecido, es menos sensible a la erosión que las facies encajantes. En el paisaje y, en particular, en las fotos aéreas, se señala por un un alineamiento de pequeñas colinas con flancos verticalizados.

En afloramiento, los cherts con radiolarios se presentan en bancos de espesor decimétrico, a menudo con “slumpings”. Muestran una estructura laminada centimétrica por la yuxtaposición de niveles de colores diferentes, de “gris-rosas” a “marrón-negruzcas”, que corresponden sin duda a ligeras variaciones de composición litológica. La estratificación es nítida, subrayada por superficies centimétricas arcillo-siltosas negras que separan los bancos. Puede ser perfectamente plana, pero igualmente se presenta ondulada, con presencia de figuras de carga (*load cast*) que dan el aspecto de una “caja de huevos”. Es muy frecuente que la roca esté brechificada, afectada por numerosas fisuras y diaclasas que ocasionan una disyunción en pequeños bloques paralelepípedicos. A escala del afloramiento es frecuente observar deformaciones sinsedimentarias de tipo *slump* en el seno de esta unidad.

En lámina delgada (JM-9621), la roca presente textura de mudstone o wackestone según los lechos. Las conchas de radiolarios son muy abundantes, pero en general están muy recristalizadas, trituradas, compactadas e indeterminables. Se trata en su mayoría de conchas de espumellarios, que no permiten precisar la edad de este horizonte. Basándose en una asociación de radiolarios, Bourdon L. (1985) atribuyó este horizonte al Coniaciano Inferior. Desde 1985, las biozonaciones a partir de los radiolarios han ido modificándose, y han evolucionado considerablemente con las técnicas y los instrumentos de observación. La atribución al “Coniaciano Inferior” no está actualizada y la asociación descrita por Bourdon hoy sería atribuida al Santoniano.

Paleoambientalmente, la facies de chert con radiolarios corresponde a un depósito de intracuenca, en los estadios batial a abisal, que marca una disminución de descargas terrígenas provenientes del arco insular.

2.1.2.5 Fm Las Guayabas. Mb Las Auyamas. Areniscas y limolitas carbonatadas (7) con intercalaciones de calizas (8). Santoniano-¿Maastrichtiano? K₂

Situada en el techo de los cherts con radiolarios del Mb Arroyo La Yabana, el Mb Las Auyamas marca la transición con la Fm Río Chavón.

A nivel de la Hoja, su potencia es variable, comprendida entre 700 y 1200 m. Esta variabilidad depende de la dificultad de reconocer en el terreno el límite superior de esta unidad al tratarse de un paso progresivo entre este miembro y la formación carbonatada suprayacente del Río Chavón.

El Mb Las Auyamas se compone de alternancias monótonas y repetitivas de siltitas, de siltitas arenosas y de lutitas. La presencia de carbonatos, ya sea en la matriz de los niveles de detríticos finos, o individualizados bajo la forma de niveles de caliza fina biomicrítica, es la característica principal de esta unidad litológica. Estas rocas, de color gris a negro, azulado por las siltitas arenosas y las micritas, forman pequeños bancos de potencia centimétrica a decimétrica, organizados en alternancias rítmicas estratificadas, debidas a repetidas sucesiones siltita – lutita o a una simple variación granulométrica en el seno de las siltitas. Estas diferentes facies están, en general, estrechamente imbricadas y presentan frecuentes figuras sedimentarias de tipo “laminaciones cruzadas” y “convolutadas”. La monotonía se interrumpe localmente por finas intercalaciones de grauvaca, con límites en

general bien netos, a menudo irregulares, y en otros casos con figuras sedimentarias de corriente (*flute cast*) y/o de carga (*load cast*).

Estas rocas son de grano fino a muy fino y se esfolian en placas y plaquetas. Se alteran fácilmente dando coloraciones amarillentas. Las facies con matriz carbonatada y las micritas presentan una pátina de alteración amarilla-marrón bastante característica.

A nivel cartográfico, los lentejones carbonatados más potentes y/o más continuos en el seno de esta facies, se han representado con la misma figura que aquella que caracteriza la Fm Río Chavón.

En lámina delgada (JM-9818, 9880, 9921 y 9961), las facies de siltitas y de silto-lutitas presentan textura de wackestone y estructura finamente laminada, con laminación paralela o granoclasificada. La litofase se compone de fragmentos de feldespatos de tamaño silt. La biofase está compuesta únicamente por conchas de radiolarios muy mal conservadas y por algunos espículas de esponja silíceas epigenizadas en calcita. Estos sedimentos finos corresponden a facies pelágicas de cuenca.

El estudio microscópico de las facies carbonatadas (JM-9513, 9607, 9656, 9899 y 9975) también reveló una textura wackestone y estructuras laminadas bajo el efecto de granoclasificaciones localmente perturbadas por *microslumps*. Existe una microfauna planctónica abundante pero mal conservada, atribuible al intervalo Santoniano Superior – Maastrichtiano (JM-9656). Estas facies corresponden igualmente a depósitos marinos profundos de cuenca oceánica batial.

La muestra JM-9607, obtenida en la pequeña colina situada en el NE del pueblo de La Mina es particular. Encierra numerosos extraclastos de caliza de plataforma arrecifal con foraminíferos bentónicos y metazoarios del intervalo Campaniano Superior – Maastrichtiano. Esta litofase provendría del desmantelamiento de una plataforma de rudistas del Cretácico Superior “alto”, probable equivalente de las facies de la Fm Loma de Anglada, descritas en la Hoja de Rincón Chavón (García Senz J., 2004)

2.1.3 La Fm Río Chavón en la Hoja de Las Lisas. Calizas detríticas y calizas margosas con intercalaciones de areniscas y lutitas (8). Campaniano-Maastrichtiano. K₂

La serie correspondiente está circunscrita al núcleo de los sinclinales del ángulo suroeste de la Hoja, y constituye así el eje de uno de los puntos culminantes de la Hoja : la Loma del Cuarón (647 m). Aflora igualmente en el sinforme de “El Barrero”, situado en la franja oriental de la Hoja Las Lisas.

La Fm Río Chavón está constituida esencialmente por alternancias, monótonas y repetitivas, de bancos centimétricos a decimétricos de silto-lutitas carbonatadas, de calizas detríticas y de calizas arcillosas. Se trata de facies carbonatadas pelágicas de color gris-oscuro y gris-azulado, en los cuales predominan dos tipos petrográficos principales : biomicritas arcillo-siltosas (a) y litarenitas o calcarenitas (b).

Las biomicritas (a) tienen estructuras en lechos o laminadas, con figuras frecuentes de micro-slumps y/o de cargas. La textura wackestone predomina en abundancia. La litofase está compuesta por silts muy finos de origen volcánico y presenta feldespato, piroxeno y magnetita. Está presente en más del 50% de la composición de la roca. La biofase está compuesta principalmente por foraminíferos planctónicos, radiolarios y espículas de esponja silíceas. En general las conchas están mal conservadas, deformadas, trituradas o recrystalizadas, por lo que su identificación es siempre difícil.

Las litarenitas o calcarenitas (b) son mucho menos frecuentes (JM-9690 y 9950). Presentan una litofacies de origen volcánico con fragmentos de lava y alteraciones de cristales de feldespato, de anfíbol y de olivino ; presentan igualmente extraclastos de chert, de caliza microesparítica y granos de glauconita de origen sedimentario. La microfauna comprende formas de foraminíferos béntonicos, fragmentados y alterados, asociados a restos de equinodermos y a fragmentos de rudistas. Estas facies corresponden a descargas biodetríticas, provenientes del material de una plataforma carbonatada cretácea, con edades comprendidas entre el Santoniano y el Maastrichtiano. Estas plataformas estaban colonizadas por arrecifes de rudistas que ocupaban entonces el biotopo de los corales arrecifales actuales.

Desde el punto de vista de la edad, las facies carbonatadas hemipelágicas o turbidíticas depositadas en una cuenca oceánica son, la mayoría de las veces, las que producen los mejores resultados para la datación. Las determinaciones y la interpretación estratigráfica que emana de lo anterior, deben observarse con reserva, pues las conchas de microfósiles están en general mal conservadas, deformes y trituradas por los procesos de compactación en el momento de la diagénesis y de los plegamientos tardíos.

Por su contenido en microfósiles se han podido datar tres muestras :

- Muestra JM-9657 (Lat. 18,86070; Long. -68,98809) : biomicrita arcillosa muy rica en foraminíferos planctónicos, datada del Santoniano Superior a Campaniano basal por la presencia de *Globotruncanita elevata* (BROTZEN), intervalo -84,5 Ma a -81 Ma ;
- Muestra JM-9709 (Lat. 18,85538; Long. -68,93967) : litarenita laminada, con microfauna planctónica que incluye en particular *Racemiguembelina fructicosa* (EGGER), Heterohelicidae, *Contusotruncana sp.*, *Globotruncana sp.*, *Rugoglobigerina sp.* características del intervalo Maastrichtiano "Medio" a Superior (- 69 Ma a 65 Ma) ;
- Muestra JM-9711 (Lat. 18,84588; Long. -68,93144) : biomicrita rica en foraminíferos planctónicos, con *Abathomphalus mayaoensis* del Maastrichtiano Superior (intervalo -67,5 a -65 Ma).

Las dataciones obtenidas indican un cierto sincronismo entre el término superior de la Fm Las Guayabas (Mb Las Auyamas) y una parte de la Fm Río Chavón. Se subrayó la dificultad litológica de colocar el límite superior de la Fm Las Guayabas. Los elementos de dataciones confirman que la parte superior de la Fm Las Guayabas y ciertas facies de la Fm Río Chavón presentan cambios laterales de facies, de ahí el problema de cartografiar con certeza el límite entre ambas.

2.2 ROCAS PLUTÓNICAS DE EDAD Y ASIGNACIÓN IMPRECISAS

2.2.1 Dioritas (1)

Stocks y diques dioríticos se encuentran en diferentes puntos en el borde este de la Hoja :

- en el Batey Papagayo, cerca del camino costero (JM-9956), aflora un pitón diorítico o tonalítico arenizado, rico en biotita y en venillas secantes de cuarzo blanco ;
- en la orla derecha del río Maimón, al nivel de las primeras estribaciones de la Loma del Séptimo Cielo (JM-9885), el afloramiento está marcado por numerosos bloques de una roca granuda. Es una diorita compuesta por clinopiroxeno, plagioclasa y posible feldespatos potásico ;
- a lo largo del río Guayabo, en el flanco norte de la Loma La Colorada, aparecen pequeños stocks de diorita y microdiorita (JM-9905 y 9908), incluso un dique de andesita porfídica con fenocristales de prismas milimétricos de hornblenda, de clinopiroxeno y de plagioclasa en una mesostasia microlítica de igual naturaleza (JM-9913).

Todos tienen en común el hecho de ser intrusivos en las facies sedimentarias de la Fm Las Guayabas. Por lo tanto serían del post-Cretácico Superior y contemporáneos del lacolito tonalítico de La Curtiembre, situado más hacia el SE, en el centro de la Hoja El Salado.

2.2.2 Diques de rocas básicas (2)

Son particularmente frecuentes y visibles en el sector del pueblo El Oro, cortando de manera clara las brechas de tipo "debris flow" del Mb El Cujano. Son filones verticales, orientados preferencialmente E-O, de espesor decimétrico y que presentan una estructura zonada simétrica. Están compuestos por un agragado de prismas de hornblenda y clinopiroxeno que forman un entramado de cristales en cuyos huecos ha cristalizado la plagioclasa. Se trata de un microgabro de textura intergranular (JM-9560).

Se han observado también varios diques similares en el arroyo Brazo Chiquito, al Sur de la Colonia del Cedro, cortando areniscas gruesas del Cretácico Superior, con una dirección E-O.

2.3 LOS HAITISES – PLIOCENO-PLEISTOCENO

2.3.1 Generalidades

Los sedimentos del Plioceno-Pleistoceno pertenecen a las amplias plataformas carbonatadas que se extienden en los dos flancos de la Cordillera Oriental (Figura 4). Al Norte, en la región de Los Haitises (Hojas a escala 1:50.000 de Sabana Grande de Boyá, Antón Sánchez, Bayaguana, El Valle y Hato Mayor del Rey), la plataforma, que llega a confundirse con los relieves de la Cordillera, se encuentra afectada por un espectacular karst tropical maduro; aparece inclinada hacia el Norte, de manera que desciende desde cotas superiores a los 300 m hasta el nivel del mar en la Bahía de Samaná. Al Sur, en la Llanura Costera del Caribe (Hojas a escala 1:50.000 de Monte Plata, Bayaguana, Hato Mayor del Rey, El Seibo y Las Lisas), se conserva mucho mejor el carácter de plataforma, contrastando sensiblemente con los relieves de la Cordillera; su descenso hacia el Sur se produce escalonadamente desde cotas cercanas a 100 m hasta alcanzar el litoral del Caribe.

Pese al indudable atractivo que ofrece la región de Los Haitises como dominio geológico peculiar, especialmente por el desarrollo de un extraordinaria karst tropical maduro, son escasos los trabajos elaborados sobre ella y en la mayoría de los casos están relacionados con la minería del ámbar. La razón principal es su inaccesibilidad, derivada de la presencia de una exuberante vegetación tropical desarrollada sobre un típico relieve en “caja de huevos” integrado por infinidad de montículos (hums o haitises) entre los que se distribuye una densa red de depresiones (dolinas y uvalas), en ocasiones con desniveles superiores a 200 m. Dichos trabajos aluden a la estratigrafía de las tradicionales calizas de Los Haitises de forma marginal, bien por tratarse de trabajos de índole regional o bien porque abordan específicamente la minería del ámbar, centrada en el perímetro de la región.

De entre los trabajos que describen la estratigrafía de la región de Los Haitises, cabe destacar el de Brouwer S.B. y Brouwer P.A. (1980), relativo al ámbar, en el que se describen cuatro unidades superpuestas, de muro a techo : conglomerado basal, Fm Yanigua (que alberga el ámbar), caliza de Cevicos y caliza de Los Haitises. Iturralde Vinent M.A. (2001), en un nuevo estudio sobre la geología del ámbar en el ámbito caribeño, considera que el conglomerado basal constituye en realidad intercalaciones dentro de la Fm Yanigua, sugiriendo otro tanto para las calizas de la Fm Cevicos, por lo que simplifica el esquema

estratigráfico que queda reducido a dos unidades : la Fm Yanigua, constituida por margas entre las que se intercalan niveles de conglomerados y de calizas, además de albergar masas discontinuas de ámbar y lignito; y la Fm Los Haitises, dispuesta sobre la anterior e integrada por las típicas calizas arrecifales que constituyen los característicos afloramientos de la mayor parte de la región. Más recientemente, el estudio de la minería artesanal de la República Dominicana (Espy J.A., 2000), elaborado dentro del Programa SYSMIN, aporta nuevos datos sobre la Fm Yanigua, si bien desde un punto de vista minero.

En el presente trabajo se han adoptado los criterios generales propuestos por Iturralde Vinent M.A., con dos unidades principales : la Fm Yanigua (Hojas de Sabana Grande de Boyá, Antón Sánchez, Bayaguana, El Valle y Hato Mayor del Rey), como un conjunto margoso que alberga pequeñas masas de lignito y ámbar, en el que se intercalan niveles carbonatados de orden métrico, así como conglomerados, más frecuentes hacia la base, existiendo casos en los que su alta proporción ha sugerido su diferenciación cartográfica (Hoja de Sabana Grande de Boyá); y la Fm Los Haitises (Hojas de Sabana Grande de Boyá, Antón Sánchez, El Valle ¿y Hato Mayor del Rey?), constituida por calizas arrecifales masivas, habiéndose diferenciado dos tramos dentro de ella, en función del mayor o menor contenido margoso de las calizas.

No existe unanimidad en cuanto a la edad del conjunto : Brouwer S.B. y Brouwer P.A. (1980) enmarcan la Fm Yanigua en el Mioceno ; Bourdon L. (1985) asigna el conjunto calcáreo al Mioceno Superior-actualidad ; Toloczyki M. y Ramírez I. (1991) atribuyen la Fm Yanigua al Mioceno Superior-Plioceno y la Fm Los Haitises, al Plioceno-Cuaternario ; y por último, Iturralde Vinent M.A. (2001), propone el Mioceno Inferior-Medio para la Fm Yanigua y el Mioceno Medio-Superior para la Fm Los Haitises. En cualquier caso, el hallazgo durante la realización del presente trabajo de asociaciones faunísticas características del Plioceno dentro de la Fm Yanigua (Hoja de Antón Sánchez) ha sido el criterio seguido para establecer la cronoestratigrafía de la zona, completada con la asignación de la Fm Los Haitises al Plioceno-Pleistoceno.

Los afloramientos de la Fm Yanigua se distribuyen por el borde de la región, soterrándose bajo los de la Fm Los Haitises, sin que pueda asegurarse si hacia el Norte existe entre ellos una relación de cambio de facies mediante la cual la primera se adelgaza o incluso desaparece en favor de la segunda. La Fm Yanigua se interpreta en un contexto marino-

lagunar de baja energía, en tanto que la Fm Los Haitises representa una plataforma carbonatada con frecuentes construcciones arrecifales.

En conjunto se apoyan sobre un paleorrelieve muy irregular integrado fundamentalmente por materiales cretácicos y tonalíticos asociados a ellos, algunos de los cuales “emergen” en el seno de la plataforma calcárea, lo que indica un contexto en el que la Cordillera Oriental estaría reducida a una serie de isleos. Posteriormente, el progresivo ascenso de la región, dentro del contexto de la elevación de La Española, provocaría el retroceso de la línea de costa y del complejo arrecifal hacia la Bahía de Samaná, hasta alcanzar la disposición actual. De acuerdo con este esquema, aunque las calizas de la Fm Los Haitises constituyen un conjunto de extraordinaria uniformidad, poseerían carácter diacrónico, más antiguo en el sector meridional (Plioceno) y prácticamente actual en el ámbito de la bahía.

En cuanto a la plataforma carbonatada de la Llanura Costera del Caribe, no existen estudios geológicos específicos sobre ella, tratándose en todos los casos de referencias marginales. Aunque tradicionalmente ambas plataformas carbonatadas han sido tratadas independientemente, su estrecha relación parece un hecho como sugieren su aparente conexión física al NE de Bayaguana y la que se intuye debido a la continuidad de la plataforma meridional por el extremo oriental de la Cordillera hasta las proximidades de Nisibón.

En la zona de estudio, la plataforma meridional está integrada por un conjunto monótono de margas entre las que se intercalan calizas y calizas margosas que ocasionalmente pueden constituir la litología dominante. Muestra grandes semejanzas con la Fm Yanigua, por lo que se han atribuido a ella (Hojas de Monte Plata, Bayaguana, Hato Mayor del Rey, El Seibo y Las Lisas), hecho apoyado por la conexión espacial de ambas plataformas señalada anteriormente.

2.3.2 Los Haitises en la Hoja de Las Lisas. Margas y calizas margosas con corales y moluscos (9). Plioceno-Pleistoceno. N₂ – Q₁₋₃

En el territorio de la Hoja Las Lisas, el equivalente litoestratigráfico de Los Haitises se reduce a ciertos afloramientos discordantes sobre el sustrato cretácico, en el ángulo NE de la Hoja, bordeando la costa atlántica cerca de la Sabana de Nisibón.

Se trata de depósitos de margas y de calizas arcillosas biodetríticas, ricas en fragmentos de Políperos ramificados y en organismos diversos (lamelibránquios, gasterópodos, etc). Esta facies constituye una plataforma perfectamente horizontal de sólo 5 a 10 m de espesor, cortada y explotada localmente para extracción de materiales usados en la compactación de las carreteras.

Los sedimentos de origen marino-lagunar, son los testimonios de la transgresión que ha permitido el desarrollo de las formaciones arrecifales de la Llanura Costera del Caribe hacia el Este y el Sudeste de la isla.

2.4 LAS FORMACIONES SUPERFICIALES CUATERNARIAS

2.4.1 Alteritas de formaciones cretáceas

Tanto el clima tropical antiguo como el actual (Mioceno Medio, Plioceno Superior), son el origen de una alteración laterítica intensa del sustrato que no excluye ningún tipo de roca. Probablemente más importantes a su origen, las alteritas aparecen reducidas en la actualidad, eliminadas en su mayoría por la erosión. En particular están bien preservadas en las zonas tabulares o "sabana" que jalonan la franja costera.

Son generalmente **saprolitas**, que corresponden a una arcillización de las facies subyacentes, sobre potencias métricas. En general han evolucionado poco y la roca madre conserva toda su estructura original. Cuando la alteración ferrolítica ha tenido mayor intensidad, da origen a **arcillas moteadas o abigarradas**, y la estructura de la roca madre se pierde. Este es el caso de numerosos sectores, puestos de manifiesto con ocasión de los trabajos de excavación en los taludes de los caminos. Los sectores donde la alteración ferrolítica fue más intensa presentan algunos fragmentos y pisolitas de hidróxidos de hierro pero, en la Hoja de Las Lisas, la alteración jamás alcanza el estadio de la formación de costra ferruginosa.

A nivel cartográfico, se visualiza la influencia de las principales zonas arcillizadas por el agregado de una sobrecarga en la representación de la formación.

2.4.2 Conos de deyección, abanicos aluviales y paleoterrazas. Cantos, gravas, arenas, lutitas y arcillas (10). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

Por razones de comodidad cartográfica se reagruparon con la misma representación los depósitos antiguos y recientes de piedemonte ; la distinción fue difícil de realizar en virtud de las observaciones sobre el terreno y del examen de las fotografías aéreas de la región. Los flancos de los relieves, e igualmente el fondo de los valles más importantes, están cubiertos, en general, por una película de guijarros, gravas, limos y arcilla. El espesor de estos coluviones puede ser muy escaso, particularmente en la parte alta de las laderas y en las cabezas de los arroyos, donde se eliminan regularmente por las avenidas ; en las partes bajas puede alcanzar varios metros de potencia. Debe significarse que a menudo es difícil establecer su límite con la alteración in situ del sustrato.

Estos depósitos se componen de material in situ, apenas transportado bajo el efecto de la alteración meteórica y de los flujos de agua. La naturaleza de este material está condicionada por la del sustrato. En general, se trata de coluviones arcillo-arenosos, con fragmentos líticos, provenientes de la denudación de las alteritas-areniscas del Cretácico Superior.

A lo largo de la franja costera, los buscadores de oro se centran en estos recubrimientos que contienen siempre un poco de oro detrítico, en particular en la interface con el sustrato rocoso.

2.4.3 Áreas pantanosas. Arcillas y lutitas (11). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

Flanqueada entre los cordones arenosos de la costa oceánica y el pie de los relieves de la Cordillera, existe una franja de 2-3 km de ancho en la cual se acumula y se estanca el agua de las avenidas. Es el terreno de las zonas inundables y pantanosas, algunas de las cuales se aprovechan para el cultivo del arroz. Los depósitos están representados, esencialmente, por arenas finas grises, amarillas a pardo negruzcas, por silts y por arcillas negras, muy ricas en materias orgánicas.

2.4.4 Fondos de valle. Gravas, arenas y arcillas (12). Pleistoceno – Holoceno.

Q₁₋₃ – Q₄

La mayoría de los ríos están actualmente en fase erosiva y el agua circula directamente sobre el sustrato rocoso al que erosiona. Este es el caso de numerosos ríos que desaguan en la región : ríos Cuarón, Cedro, Soco, Maimón, etc. En ellos los aluviones recientes constituyen cordones sin continuidad ni potencia. Los productos que los forman son bloques, gravas y arenas, donde predominan los fragmentos de areniscas, provenientes de la erosión y transporte de las formaciones del Cretácico Superior.

2.4.5 Cordón litoral y playas. Arenas (13). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

El cordón de dunas actual (de 2 a 5 m de alto) constituye una franja de algunos cientos de metros de ancho, a lo largo del litoral atlántico, alimentado por las arenas de la costa. Estas arenas, de origen marino, están constituidas en su mayoría por granos de sílice. Su color va del gris-claro al blanco y están muy presentes en los paisajes de algunas playas de la costa.

El cordón de dunas actual está adosado a un edificio más antiguo cuyo rastro se ve localmente sobre las fotografías aéreas. Presenta un rosario de antiguas líneas de orla en forma de “V” muy ancha, que abre hacia el Norte y el Noroeste. Este es el caso particular en el ángulo NO de la Hoja, alrededor de la Playa de la Cana donde la franja de arena tiene un ancho de varios kilómetros. Actualmente este antiguo complejo ha sido modificado por el más reciente, lo que no permite distinguirlo individualmente. Por otra parte, está ampliamente colonizado e invadido por los cocotales y las ciénagas. La acumulación y establecimiento de los edificios dunares provocaron el bloqueo de los aguas dulces que provenían del interior, esta presa natural es el origen de la formación de las zonas de ciénagas y de las lagunas anteriormente mencionadas.

2.4.6 Costras arrecifales. Encostramientos, llanuras algales y colonias de Políperos actuales (14). Holoceno. Q₄

Sobre la franja oceánica sometida a la influencia de las mareas, existen llanuras algales y colonias de Políperos en vías de formación, que generan arrecifes y encostramientos carbonatados sobre extensiones hectométricas y espesores métricos. Aumentan de espesor, o por el contrario, se erosionan fuertemente a favor de las mareas y las corrientes

costeras. En Punta de Pontón, la degradación de estas facies ha dado inicio a una acumulación de arena carbonatada con restos de conchas, constituida en más del 90 % por granos del tamaño arena fina.

Hoja de Las Lisas - 6472-IV				
Numero	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD 27	
	Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)
JM-9461	18,97296	-68,92125	508 290	2 097 712
JM-9508	18,95587	-68,92858	507 519	2 095 820
JM-9513	18,94278	-68,96007	504 205	2 094 371
JM-9524	18,93603	-68,89594	510 957	2 093 627
JM-9531	18,92497	-68,89307	511 260	2 092 403
JM-9553	18,94005	-68,91618	508 826	2 094 071
JM-9560	18,93155	-68,90510	509 993	2 093 131
JM-9607	18,96896	-68,96959	503 201	2 097 267
JM-9621	18,91270	-68,82018	518 937	2 091 052
JM-9636	18,89988	-68,91990	508 435	2 089 626
JM-9656	18,91395	-68,98209	501 886	2 091 181
JM-9657	18,86070	-68,98809	501 254	2 085 289
JM-9690	18,85233	-68,96515	503 672	2 084 363
JM-9709	18,83538	-68,93967	506 356	2 082 489
JM-9711	18,84588	-68,93144	507 222	2 083 650
JM-9744	18,87965	-68,90091	510 436	2 087 389
JM-9747	18,87796	-68,89172	511 405	2 087 203
JM-9754	18,88336	-68,88704	511 897	2 087 801
JM-9818	18,86763	-68,88297	512 327	2 086 060
JM-9880	18,89135	-68,79357	521 741	2 088 693
JM-9884	18,87979	-68,81271	519 727	2 087 411
JM-9885	18,88255	-68,80777	520 246	2 087 718
JM-9899	18,85913	-68,77241	523 975	2 085 131
JM-9905	18,86007	-68,78545	522 601	2 085 233
JM-9908	18,86232	-68,79290	521 815	2 085 481
JM-9913	18,87028	-68,79857	521 217	2 086 361
JM-9921	18,95801	-68,87380	513 286	2 096 060
JM-9950	18,92598	-68,77510	523 682	2 092 527
JM-9956	18,94372	-68,75866	525 410	2 094 492
JM-9961	18,92041	-68,75643	525 649	2 091 914
JM-9967	18,95699	-68,91534	508 912	2 095 945
JM-9975	18,99741	-68,97516	502 614	2 100 415

Tabla 1 : Localización de los afloramientos citados en el texto.

3 GEOQUÍMICA Y DATACIONES ABSOLUTAS

3.1 INTRODUCCIÓN Y TÉCNICAS ANALÍTICAS GEOQUÍMICAS

Para la realización del presente estudio geoquímico, todas las muestras fueron inicialmente machacadas, cuarteadas a 250 grs y pulverizadas en un molino de ágata hasta que el 95% de la muestra pasara por la malla 150 (106 micras), en los talleres del Departamento de Petrología y Geoquímica de la Universidad Complutense de Madrid. El polvo fue enviado para proceder a el análisis químico de elementos mayores, traza y tierras raras a ACME Laboratories (Vancouver, Canada). Los elementos (y límites de detección) analizados por ICP (inductively coupled plasma) mediante fusión con LiBO_2 fueron: SiO_2 (0.02%), Al_2O_3 (0.03%), Fe_2O_3 (0.04%), CaO (0.01%), MgO (0.01%), Na_2O (0.01%), K_2O (0.04%), MnO (0.01%), TiO_2 (0.01%), P_2O_5 (0.01%), Cr_2O_3 (0.001%), LOI (0.1%), C (0.01%), S (0.01%), Ba (5 ppm), Ni (30 ppm), Sc (1 ppm), Sr (10 ppm), Y (10 ppm) y Zr (10 ppm). Los elementos (y límites de detección) analizados por ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectrometry) mediante fusión con LiBO_2 fueron: Ag^* (0.1 ppm), As^* (1 ppm), Au^* (0.5 ppb), Ba (0.5 ppm), Bi^* (0.1 ppm), Cd^* (0.1 ppm), Co (0.5 ppm), Cs (0.1 ppm), Cu^* (0.1 ppm), Ga (0.5 ppm), Hf (0.5 ppm), Hg (0.1 ppm), Mo^* (0.1 ppm), Nb (0.5 ppm), Ni^* (0.1 ppm), Pb^* (0.1 ppm), Rb (0.5 ppm), Sb^* (0.1 ppm), Se (0.5 ppm), Sn (1 ppm), Sr (0.5 ppm), Ta (0.1 ppm), Th (0.1 ppm), Tl^* (0.1 ppm), U (0.1 ppm), V (5 ppm), W (0.1 ppm), Y (0.1 ppm), Zn^* (1 ppm), Zr (0.5 ppm), La (0.5 ppm), Ce (0.5 ppm), Pr (0.02 ppm), Nd (0.4 ppm), Sm (0.1 ppm), Eu (0.05 ppm), Gd (0.05 ppm), Tb (0.01 ppm), Dy (0.05 ppm), Ho (0.05 ppm), Er (0.05 ppm), Tm (0.05 ppm), Yb (0.05 ppm) y Lu (0.01 ppm). (*) Los metales preciosos y metales de base fueron determinados a partir de una digestión en agua regia. El error analítico fue determinado a partir de análisis realizados en una roca patrón estandar.

El Fe procedente de los análisis fue $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{t}$ (Fe total como Fe_2O_3), por lo que fue recalculado como $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{t} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} \times 1,11135$ y $\text{FeOcalc} = \text{FeO} / (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$. Todas las muestras fueron recalculadas a una base anhidra, si la suma de los elementos mayores (SiO_2 a P_2O_5) fue menor de 99,98%. El número de Mg, o Mg#, fue calculado como $100 \cdot \text{mol MgO} / (\text{mol MgO} + \text{mol FeO})$, donde $\text{FeO} = 0.8 \times \text{Fe}_2\text{O}_3\text{t}$ y $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0.2 \times \text{Fe}_2\text{O}_3\text{t}$. Las composiciones de referencia utilizadas para la condrita (C), el manto primordial (MP), y los basaltos promedio N-MORB, E-MORB y OIB son propuestas por Sun y MacDonough (1989).

Gran parte de las rocas volcánicas y plutónicas estudiadas han experimentado procesos de alteración tardi- y post-magmática, así como un metamorfismo de baja-T en condiciones propias de la facies de los esquistos verdes y subesquistos verdes, que han modificado las concentraciones primarias de varios elementos mayores y traza. Por ejemplo, en el diagrama K_2O+Na_2O versus $K_2O/(K_2O+Na_2O)$ de Hughes (1973), que puede ser utilizado para visualizar rocas espilitizadas o que han sufrido un metasomatismo potásico, gran parte de las rocas caen fuera del campo de los basaltos “normales” no alterados. Por ejemplo, resulta frecuente que las tobas hayan experimentado un extenso metasomatismo potásico. Por otro lado, algunos elementos mayores (Si, K, Na y Ca) y trazas (Cs, Rb, Ba y Sr) son fácilmente movilizados durante la deformación y el metamorfismo. Por lo tanto, la interpretación geoquímica basada en estos elementos plantea muchas incertidumbres. Sin embargo, resulta improbable que los Mg# relativamente altos obtenidos se atribuyan a procesos post-deposicionales, ya que ha sido demostrado que la relación MgO/FeO no cambia significativamente durante la alteración espilitica en el fondo oceánico (Humphris y Thompson, 1978), reflejando por tanto los procesos ígneos primarios. Análogamente, muchos investigadores concluyen que los high field strength elements (HFSE: Nb, Ta, Y, Zr, Hf, TiO_2), el Th, los elementos de transición (Cr, Ni, V, Sc) y las tierras raras (rare earth elements; REE) son esencialmente inmóviles en un amplio rango de condiciones metamórficas (Pearce, 1975; Luden et al., 1982). Por lo tanto, en este trabajo la clasificación de las rocas estudiadas, su asignación a determinadas series magmáticas y su interpretación petrogenética y de el posible entorno tectonomagmático de formación están basadas en las variaciones de estos elementos.

Con el fin de caracterizar los diferentes grupos geoquímicos de rocas se han utilizado diagramas extendidos de tierras raras (REE) normalizados respecto al Manto primordial (MP; Sun y MacDonough, 1989), los cuales proporcionan un método útil de comparar estas rocas entre sí y respecto a otros tipos de rocas similares. Estos diagramas también proporcionan información de los procesos petrogenéticos que han tenido lugar, ya que la concentración de elementos traza y REE (ordenados en un orden de incompatibilidad decreciente con respecto a la Iherzolita) cambia de forma predecible durante los procesos de fusión y cristalización fraccionada.

En el conjunto de todas las rocas estudiadas es posible distinguir tres grandes episodios de formación de rocas volcánicas y plutónicas: el magmatismo del Cretácico Inferior, representado por la Fm Los Ranchos; el magmatismo del Cretácico Superior, representado

por la Fm Las Guajabas ; y un conjunto de granitoides tonalíticos y cuarzo-dioríticos, intrusivos, tipo "Pluton de El Valle. Pero, en la Hoja de Las Lisas, solo se estudiara el el magmatismo del Cretácico Superior, representado por la Fm Las Guajabas, Mb Loma la Vega.

3.2 ESTUDIO GEOQUÍMICO DE MUESTRAS DE LA FM LAS GUAYABAS

La Formación Las Guayabas se sitúa estratigráficamente por encima de la Formación Calizas de El Hatillo, de edad Aptiano-Albiano. Esencialmente está constituida por tobas y rocas sedimentarias volcanogénicas, con conglomerados de clastos volcánicos y sedimentarios (Lebron y Prefit, 1994). En la parte inferior de la Fm Las Guayabas se distingue una intercalación de flujos volcánicos más masivos con alguna pequeña intrusión sin-volcánica relacionada, denominada Miembro Loma la Vega, de edad Cenomaniense-Turonense (Bourdon, 1985; Lebrón, 1989).

Las muestras estudiadas pertenecen las Hojas de Hato Mayor (JG9058 y JG9070), Monte Plata (HH9039) y El Seibo (JM9062, JM9101, JM9167, JM9239 y JM9274), siendo las primeras de andesitas del Mb Loma La Vega, la segunda de una intrusión tonalítica a cuarzodiorítica relacionada y las terceras de lavas félsicas y brechas monogénicas. Se incluyen también como comparación los análisis contenidos en el trabajo de Lebrón y Prefit (1994), relativos a muestras del sector de la Loma La Vega (Hojas de Hato Mayor y El Seibo) y que incluyen tipos litológicos de depósitos volcánicos como: flujos de lavas andesíticas de textura traquítica, brechas volcánicas y tobas ricas en cristales.

Composicionalmente se trata de un grupo de basaltos andesíticos, andesitas y dacitas, relativamente bastante fraccionadas ($Mg\#$ de 44 a 20) y muy ricas en K_2O (entre 2,7 y 12%; 8,1% de promedio) y en Na_2O (entre 2,6 y 5,8%; 4,2 de promedio). Presentan contenidos altos en Al_2O_3 (entre 16,5 y 21,0%; los términos más básicos serian basaltos ricos en alúmina), Rb y Sr, y bajos en TiO_2 (<1,0%) y MgO (<1,65%), incluyendo los basaltos andesíticos del Mb Loma La Vega donde son de 2,5 y 2,7% (Figura 6). En un diagrama SiO_2 - K_2O estas rocas de composición fundamentalmente intermedia caen en el campo de las andesitas con alto K y shoshoníticas (Gill, 1981). Sin embargo, los altos contenidos en álcalis y otros elementos mayores pueden ser debidos a la alteración y la movilidad de ciertos elementos, por lo que es necesario considerar a los elementos considerados inmóviles durante los procesos de alteración y/o metamorfismo. En el diagrama Nb/Y versus

Zr/TiO₂ de Winchester y Floyd (1977) caen en el campo de los basaltos/andesitas y las muestras del Mb La Vega y las tonalitas/cuarzodioritas en el campo de los basaltos subalcalinos. Los términos basálticos muestran una clara afinidad transicional y calco-alcalina en los diagramas Yb versus Th y Zr versus Y (Barrett y MacLean, 1999), diferenciándose claramente de las toleitas pobres en K (IAT) de la Fm Los Ranchos infrayacente (Lebron y Perfit, 1994). En el diagrama triangular Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980) los basaltos caen en el campo de los basaltos de relacionados con subducción en el subcampo calco-alcalino, también a diferencia de los basaltos de la Fm Los Ranchos que caen en el campo toleítico y de dos basaltos de la Formación Peralvillo Sur que caen en el campo de los N-MORB próximos al de las IAT.

En un diagrama multielemental normalizado frente a N-MORB (Figura 7), los basaltos andesíticos y andesitas calco-alcalinas presentan un fuerte enriquecimiento en elementos LILE (Cs, Rb, Ba, Pb, Sr), K, U y Th, junto a un empobrecimiento en HFSE (Nb, Ta, Zr, Ti, Y, Yb) y REE, en especial, HREE (entre 0,6-0,9 x N-MORB). Estas características geoquímicas y el perfil con una fuerte pendiente negativa se conservan y acentúan incluso en los términos ácidos de dacitas muy ricas en K de la Formación (HREE entre 1,0-2,2 x N-MORB). Numerosos estudios han demostrado que las rocas volcánicas emitidas en arcos magmáticos se caracterizan por un enriquecimiento en LILE y empobrecimiento en HFSE relativos a las LREE (Pearce y Norry, 1979; Wood, 1980; Briqueau et al., 1984; Tatsumi et al., 1986). Por lo tanto, valores altos en las relaciones LILE/LREE (Th/La=0,19-0,25; Ba/La=52-155) y bajos en las relaciones HFSE/LREE (Nb/La=0,16-0,38, Ti/Eu=1600-3200) en las rocas basálticas de la Fm Las Guajabas, comparados con los valores típicos para basaltos N-MORB (0,05; 2,5; 0,93 y 7451, respectivamente; Sun y MacDonough, 1989), sugiere que estas rocas fueron generadas por encima de una zona de subducción. Las rocas caen en el campo de basaltos de arco en los diagramas de discriminación tectonomagmática y presentan contenidos altos en Th y una anomalía negativa en Nb y Ta, particularmente en las rocas menos fraccionadas, característica de magmas de zonas de subducción.

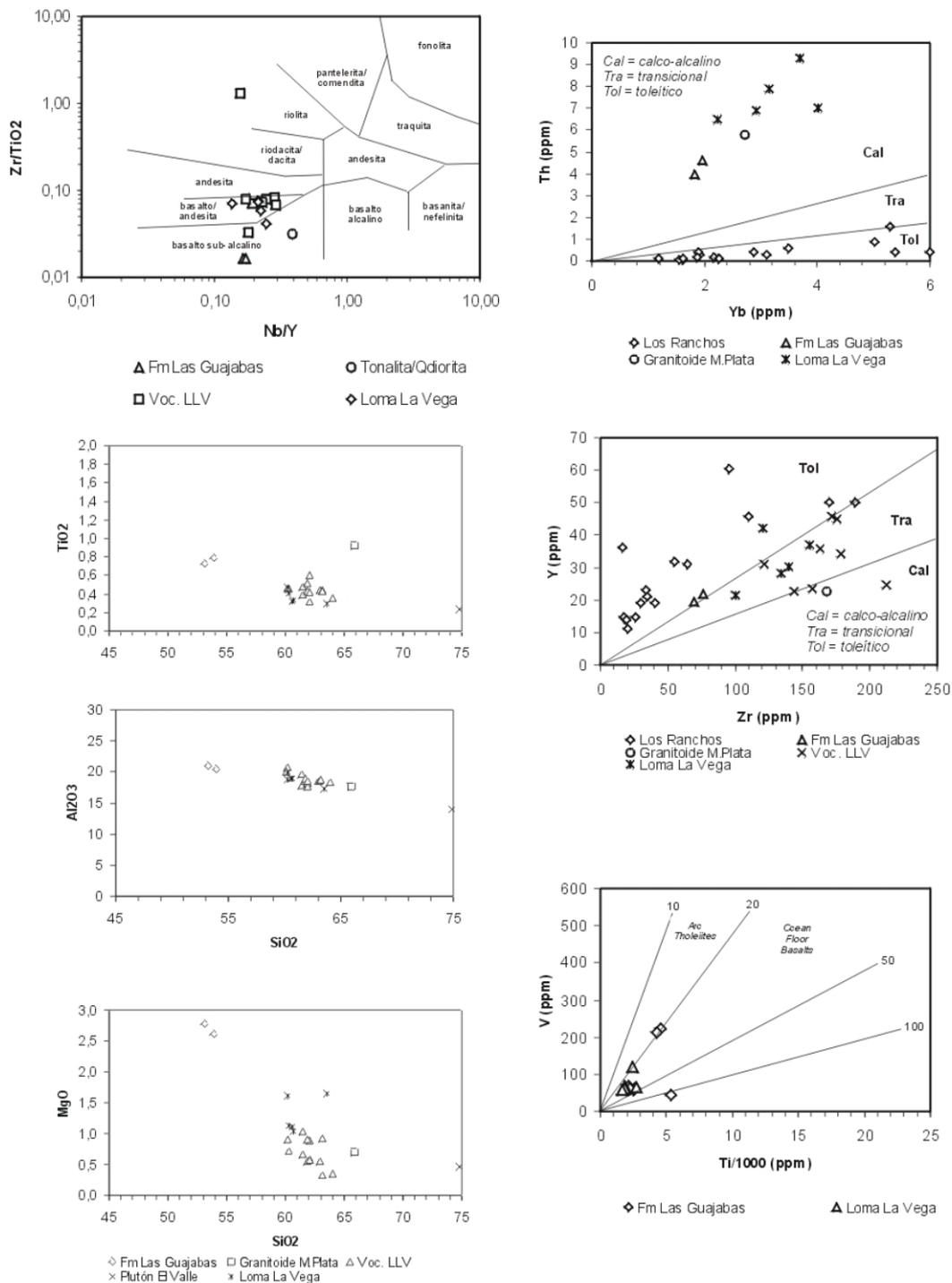


Figura 6 : Proyección de las rocas de la Fm Las Guajabas en los diagramas Nb/Y versus Zr/TiO₂ (Winchester y Floyd, 1977), Yb-Th y Zr-Y (Barrett y MacLean, 1999), Ti/1000-V de Shervais (1982), diagrama triangular Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980) y los diagramas binarios SiO₂ frente a TiO₂, Al₂O₃, MgO y K₂O. Notar las posición de las muestras del Mb Loma La Vega y de los granitoides del sector de Monte Plata en los distintos diagramas.

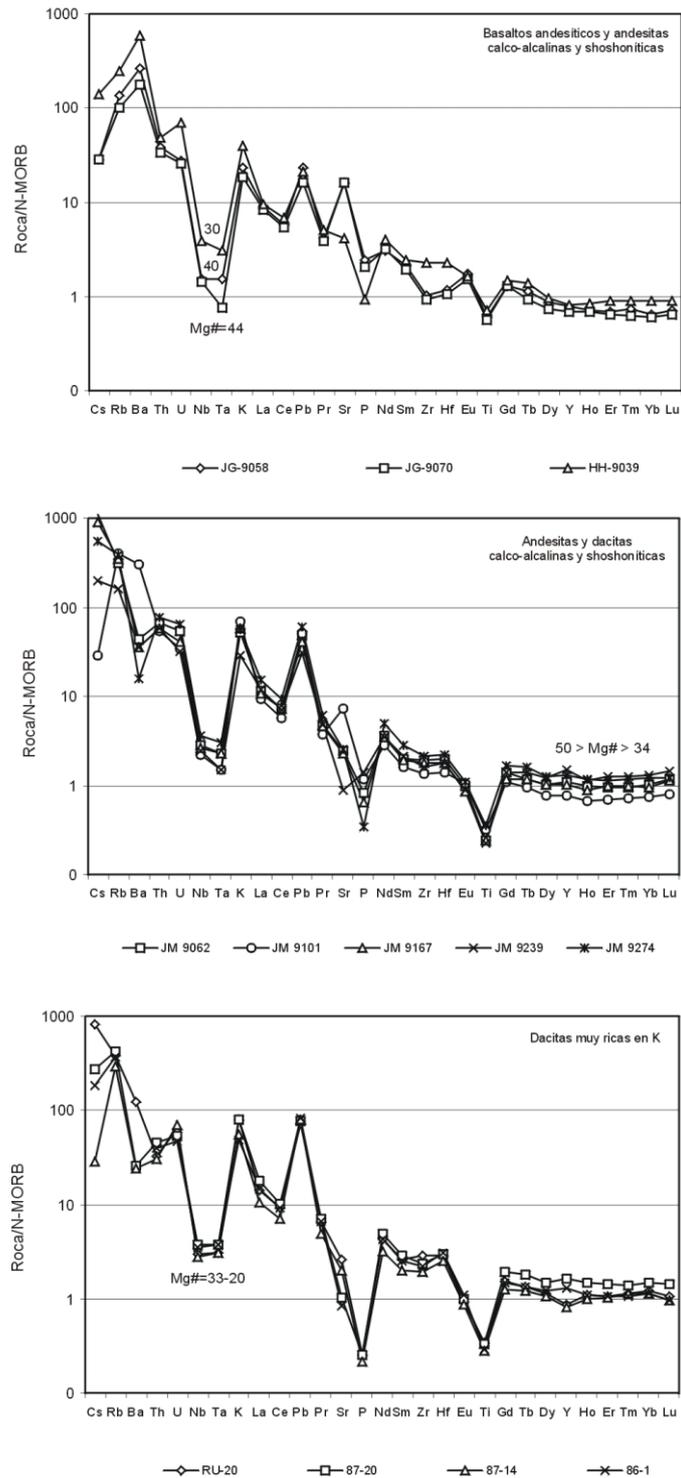


Figura 7 : Diagramas multielementales para las rocas de la Fm Las Guajabas y Mb Loma La Vega agrupados en basaltos andesíticos, andesitas y dacitas muy ricas en K. Mg# es el número de Mg.

Análogamente, en un diagrama extendido de REE normalizado respecto al manto primordial (Figura 8), todas las rocas de la Fm Las Guajabas se caracterizan por un patrón de pendiente negativa [(La/Yb)_N=6,2-8,3 para Mg#>30; (La/Yb)_N=5,5-7,6 para Mg#<30], un marcado enriquecimiento en Th y LREE, y anomalías negativas en Nb y Ti, especialmente en las rocas más fraccionadas, típicos de rocas basálticas e intermedias relacionadas con subducción. Los valores promedio de la relación (Zr/Sm)_N=0,96 y HREE con una ligera pendiente negativa, sugieren una fuente mantélica empobrecida para los basaltos, similar a la de los N-MORB.

En resumen, los datos de elementos mayores, trazas y REE de las rocas intermedias y ácidas indican que las rocas ígneas de Fm Las Guayabas, incluido el Mb Loma La Vega, presentan una gran similitud con las series calco-alcalinas de medio y alto contenido en K a shoshonítica, y fueron emitidas en un contexto tectónico de margen activo relacionado con subducción.

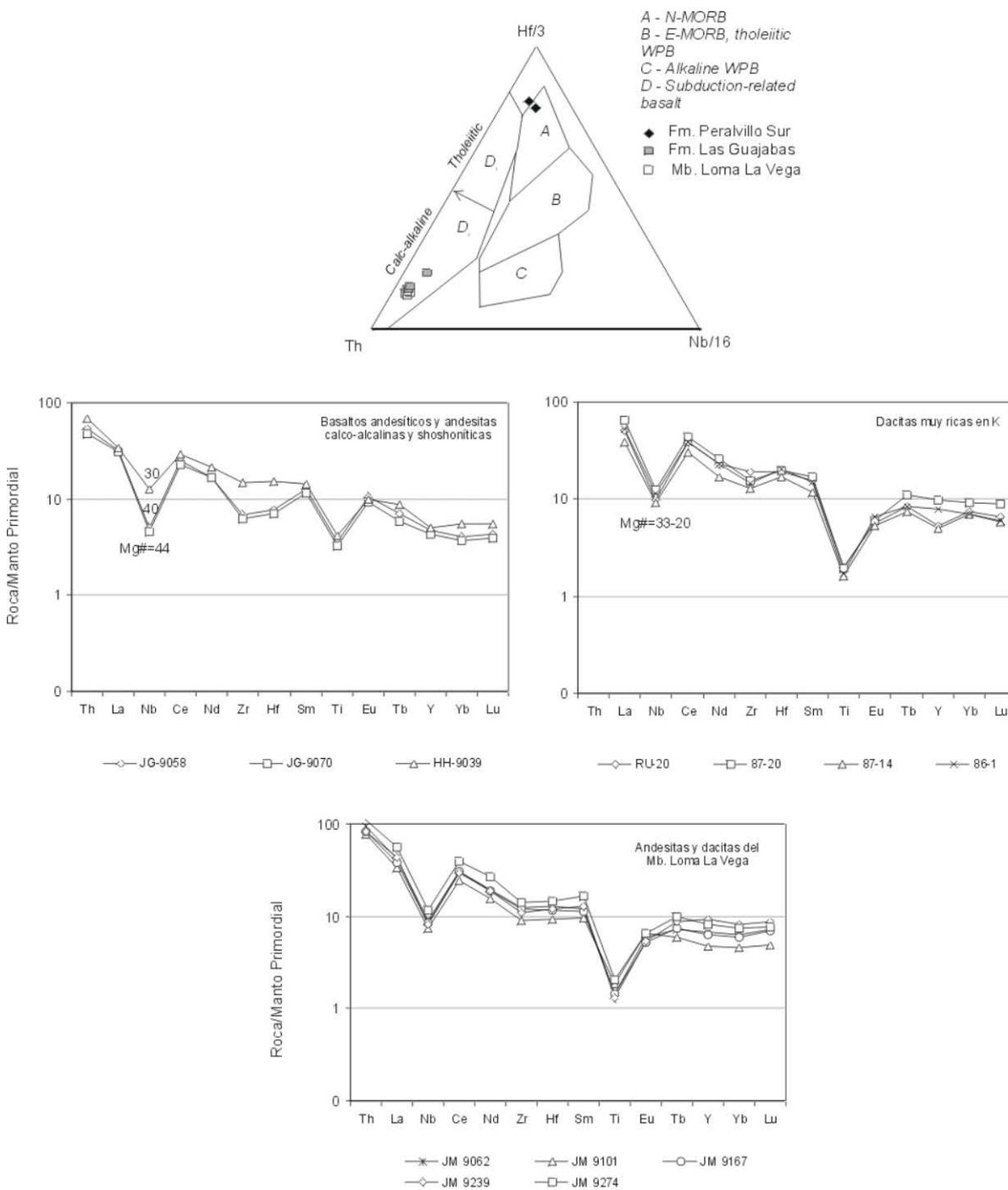


Figura 8 : Diagramas extendidos de REE para las rocas de la Fm LasGuajabas y Mb Loma La Vega agrupados en basaltos andesíticos, amdesitas y dacitas muy ricas en K. Mg# es el número de Mg.

3.3 DATACIONES ABSOLUTAS

En el marco del presente Proyecto, 8 muestras de rocas magmáticas, intrusivas o efusivas, de la Cordillera Oriental Dominicana, se han analizado en el *Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research, Earth and Ocean Sciences*, de la Universidad de British Columbia, en Vancouver (Canadá), por los Drs. T. Ullrich (Ar/Ar) y R. Friedman (U/Pb), bajo la dirección del Profesor J. Mortensen.

Las técnicas de datación utilizadas corresponden al método U/Pb sobre circones y al método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ por calentamiento escalonado en minerales separados (horblenda o feldespatos potásicos). Existen informes originales datados que describen las técnicas utilizadas y los resultados obtenidos (Friedman, 2004; Ulrich, 2004). A continuación se presenta un resumen de los mismos, que incluye breves comentarios sobre sus implicaciones geológicas.

La localización y la naturaleza de las muestras, así como las técnicas analíticas utilizadas y las edades obtenidas aparecen en la Figura 9.

3.3.1 Descripción de las técnicas analíticas

3.3.1.1 Técnica analítica por el método U/Pb

Los circones y otros minerales accesorios se extrajeron de las muestras mediante técnicas convencionales de machacado y de separación mediante tabla Wilfley, a las que siguió una concentración final mediante líquidos pesados y separación magnética. Las fracciones minerales a analizar se seleccionaron en función de la calidad del grano, tamaño, susceptibilidad magnética y morfología. Con el objeto de minimizar los efectos de la pérdida de Pb próxima a la superficie de los granos, todas las fracciones de circones se sometieron, previamente a su disolución, a una abrasión por aire usando la técnica de Krogh (1982). Posteriormente se disolvieron en una solución extrapura 3N de HNO_3 , lavadas con acetona bajo su punto de ebullición y pesadas (hasta $\pm 2\mu\text{g}$). Los circones se disolvieron en microcápsulas de PTFE o PFA de 300 μl con 100 μl de HF 29N y de $\sim 15\mu\text{l}$ de HNO_3 14N bajo punto de ebullición, en presencia de un trazador mixto de $^{233-235}\text{U}$ - ^{205}Pb y durante 40 horas a 240°C.

La disolución se llevó a cabo en bombas de acero inoxidable Parr con líneas PTFE de teflón de 250 ml. Posteriormente las soluciones fueron secadas de sales y re-bombadas en ~200 µl de solución de HCl 3.1N ultrapuro durante 12 horas a 210°C. Estas soluciones se secaron de nuevo de sales en una placa calentada a unos 125°C y se redisolviéron en una solución de 0.5 ml de 3.1 HCl durante un mínimo de 8 horas. Para la separación del Pb y U se emplearon técnicas de columnas de intercambio iónico similares a las descritas por Parrish et al. (1987). El Pb y U se separaron secuencialmente en el mismo recipiente, donde se les añadió 2 µl de ácido fosfórico extrapuro 1,0 M. Cada muestra se cargó en un único filamento de Re usando un exhalador de gel de sílice fosfórico (SiCl₄). Las relaciones isotópicas se midieron con un espectrómetro de masas de ionización termal VG-54R, modificado con un único colector y equipado con un fotomultiplicador analógico Daly. Tanto el U como el Pb se procesaron a 1450°C en modo de encendido-en pico del detector Daly.

La fraccionación de U se determinó directamente en procesos individuales utilizando el trazador ²³³⁻²³⁵U, y las relaciones isotópicas de Pb se corrigieron para una fraccionación del 0,37 %/amu, en base a análisis duplicados del estándar de Pb NBS-981 y los valores recomendados por Thirlwall (2000). Los blancos analíticos para el U y el Pb fueron menores de 1 y 3 pg, respectivamente. La composición isotópica del Pb común fue derivada del modelo de Stacey y Kramers (1975). Todos los errores analíticos fueron propagados numéricamente a lo largo del cálculo completo de la edad siguiendo la técnica de Roddick (1987). Las edades de intersección con la curva de concordia y los errores asociados se calcularon usando una versión modificada del modelo de regresión York-II (donde los errores York-II se multiplican por el MSWD) y el algoritmo de Ludwig (1980). Todas las edades se refieren al nivel 2σ de incertidumbre.

3.3.1.2 Técnica analítica por el método 40Ar/39Ar

Cada muestra se machacó, hasta reducirla a fragmentos de entre 0.1 y 0.5 mm de diámetro y, posteriormen, se pesó bajo un imán manualmente para eliminar los minerales magnéticos y las esquirlas metálicas de la machacadora. Las muestras se lavaron posteriormente en agua desionizada, se aclararon y se sacaron en aire seco a temperatura ambiente. Los minerales de interés se sapeararon a mano, se envolvieron en papel de aluminio y se guardaron en una cápsula de irradiación junto a otras muestras de edad similar y a monitores del flujo de neutrones (sanidinas de la Toba Fish Canyon de 28,02 Ma; Renne et

al., 1998). Las muestras se irradiaron los días 27 y 28 de Mayo de 2004 en el reactor nuclear de McMaster en Hamilton, Ontario, a 56 MWH y un flujo de neutrones de 3×10^{16} neutrones/cm², aproximadamente. El análisis (n=54) de las posiciones del flujo de neutrones 18 produjo errores de <0.5% en el valor J. Las muestras fueron analizadas entre el 19 y el 26 de Julio de 2004, en el *Noble Gas Laboratory del Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research de la University of British Columbia, Vancouver, Canada*. Los separados minerales se calentaron a intervalos crecientes mediante un rayo laser desenfocado de 10W CO₂ (New Wave Research MIR10), hasta su fusión. Los gases emitidos en cada intervalo de temperatura se analizaron en un espectrómetro de masas VG5400, equipado con un multiplicador de electrones contador de iones. Todas las medidas se corrigieron respecto a las variaciones en la sensibilidad del espectrómetro de masas, la discriminación de masas, y la descomposición radioactiva durante y después de la irradiación, así como a la interferencia de Ar debida a contaminación atmosférica y la irradiación de Ca, Cl y K (relaciones de producción isotópica: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, K=0.0302; $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, Ca=1416.4306; $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, Ca=0.3952; Ca/K=1.83, $^{37}\text{ArCa}/^{39}\text{ArK}$).

Las edades de *plateau* y por correlación inversa (método de la isocrona inversa) se han calculado utilizando el programa ISOPLOT versión 3.09 (Ludwig, 2003). Los errores se refieren al nivel 2σ (95% de confianza) e incluye la propagación de los errores procedentes de todas las fuentes, a excepción de los procedentes de la sensibilidad del espectrómetro de masas y la edad del monitor de flujo. *Los "picos" para las edades obtenidas mediante correlación inversa y de plateau son arbitrarios y se deben considerar como tentativas, ya que el trabajo analítico se ha realizado sin conocer de forma directa el contexto geológico de las muestras. La interpretación de los resultados analíticos ha de hacerse en el contexto de la diferente temperatura de cierre del Ar en cada mineral analizado (hornblenda: 525-450°C; moscovita: 375-325°C; biotita: 350-260°C y feldespato-K: 350-125°C), junto a la naturaleza ígnea o metamórfica de la muestra.*

3.3.2 Resultados y discusión

Los resultados sintetizados en la Tabla 2 están comentados a continuación.

Muestra	Hoja 1:50 000		Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM - NAD 27		Formación Litología	Autores Laboratorio	Método	Datación
	Nombre	Numero	Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)				
JM-9176	Sabana Grande de Boya	6272-IV	18.95001	-69.91480	403 638	2 095 351	Intrusivo - Tonalita	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCI/GR	Ar/Ar en homblenda "Plateau" Isocrona inversa	109,3 ± 5,2 Ma 119 ± 15 Ma
HH-9040	Monte Plata	6272-III			417 701	2 080 001	Intrusivo - Tonalita	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCI/GR	U/Pb en circon	No datable
HH-9045	Antón Sanchez	6272-I			444 700	2 089 305	Intrusivo - Tonalita	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCI/GR	Ar/Ar en homblenda "Plateau" Isocrona inversa	109,8 ± 2,2 Ma 106 ± 28 Ma
JM-9304	Bayaguana	6272-II	18.80656	-69.57068	439 865	2 079 395	Fm Los Ranchos Riodactila	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCI/GR	U/Pb en circon	116,0 ± 0,8 Ma
JM-9320	Bayaguana	6272-II	18.82021	-69.58484	438 378	2 080 911	Fm Los Ranchos Andesita	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCI/GR	Ar/Ar en homblenda	No datable
JM-9070	El Valle	6372-IV	18.90401	-69.32211	466 078	2 090 112	Intrusivo - Tonalita	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCI/GR	Ar/Ar en homblenda "Plateau" Isocrona inversa	(85,1 ± 7,9 Ma) 93 ± 25 Ma
JM-9274	El Valle	6372-IV	18.95843	-69.35665	462 452	2 096 140	Intrusivo - Microgabro	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCI/GR	Ar/Ar en homblenda (1) Ar/Ar en homblenda (2) "Plateau" Isocrona inversa	106,0 ± 5,1 Ma 115 ± 17 Ma 121,0 ± 5,4 Ma 123 ± 56 Ma
JM-9274	El Selbo	6372-II	18.81547	-69.22071	476 745	2 080 299	Fm Las Guayabas Andesita	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCI/GR	Ar/Ar en feldespatos potásico "Plateau" Isocrona inversa	58,1 ± 0,8 Ma 59,0 ± 2,3 Ma

Tabla 2 : Dataciones absolutas realizadas en el Proyecto L-Este.

3.3.2.1 Muestras de la Fm Los Ranchos

Sólo una muestra de la Fm. Los Ranchos (de las dos analizadas) se ha podido datar, por método U/Pb. Se trata de una dacita porfídica (JM-9304), muestreada en la Hoja de Bayaguana ; la facies es característica de las protrusiones ácidas del miembro intermedio de la Fm Los Ranchos. De los cinco fragmentes de circón analizados, tres definen una edad de $116 \pm 0,8$ Ma (Aptiano) (Figura 10). Este resultado es coherente con la atribución al Neocomiano de los vegetales fósiles descritos por Smiley C.J. (1982) en los alrededores de Pueblo Viejo.

La muestra de andesita porfídica con clinopiroxeno (JM-9320) del “Pan de Azucar” (Hoja de Bayaguana) no se ha podido datar por método Ar/Ar, debido a la ausencia de K en los cristales de horblenda.

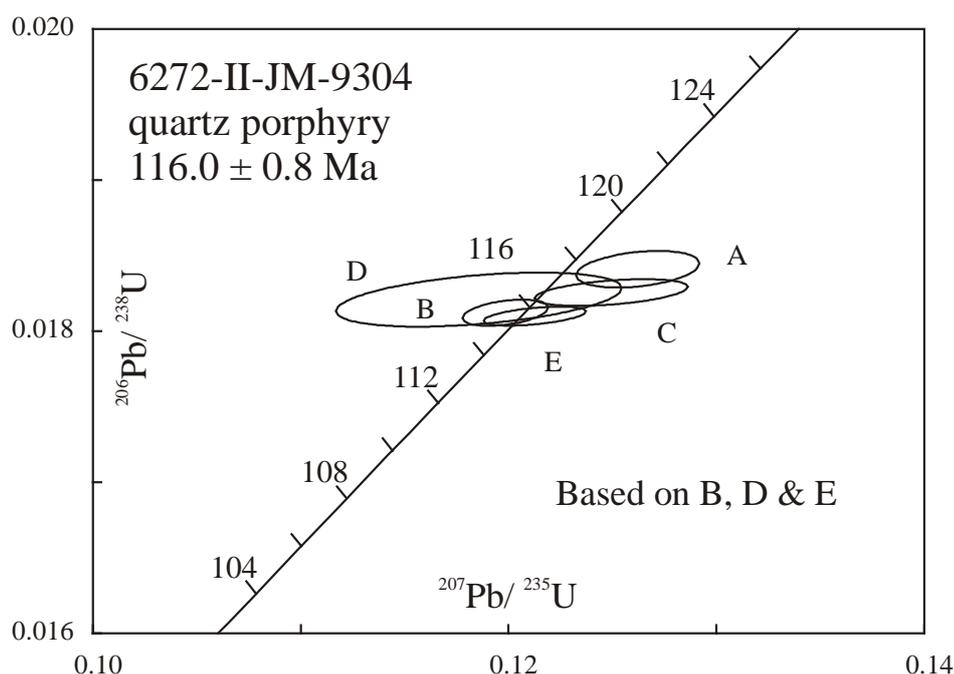


Figura 10 : Diagrama de concordia de la datación de la muestra JM-9304, realizada por el método U/Pb. (Hoja de Bayaguana - Proyecto-L-Este).

3.3.2.2 Intrusivos tonalíticos de Cevicos, Sabana Grande de Boyá y El Valle

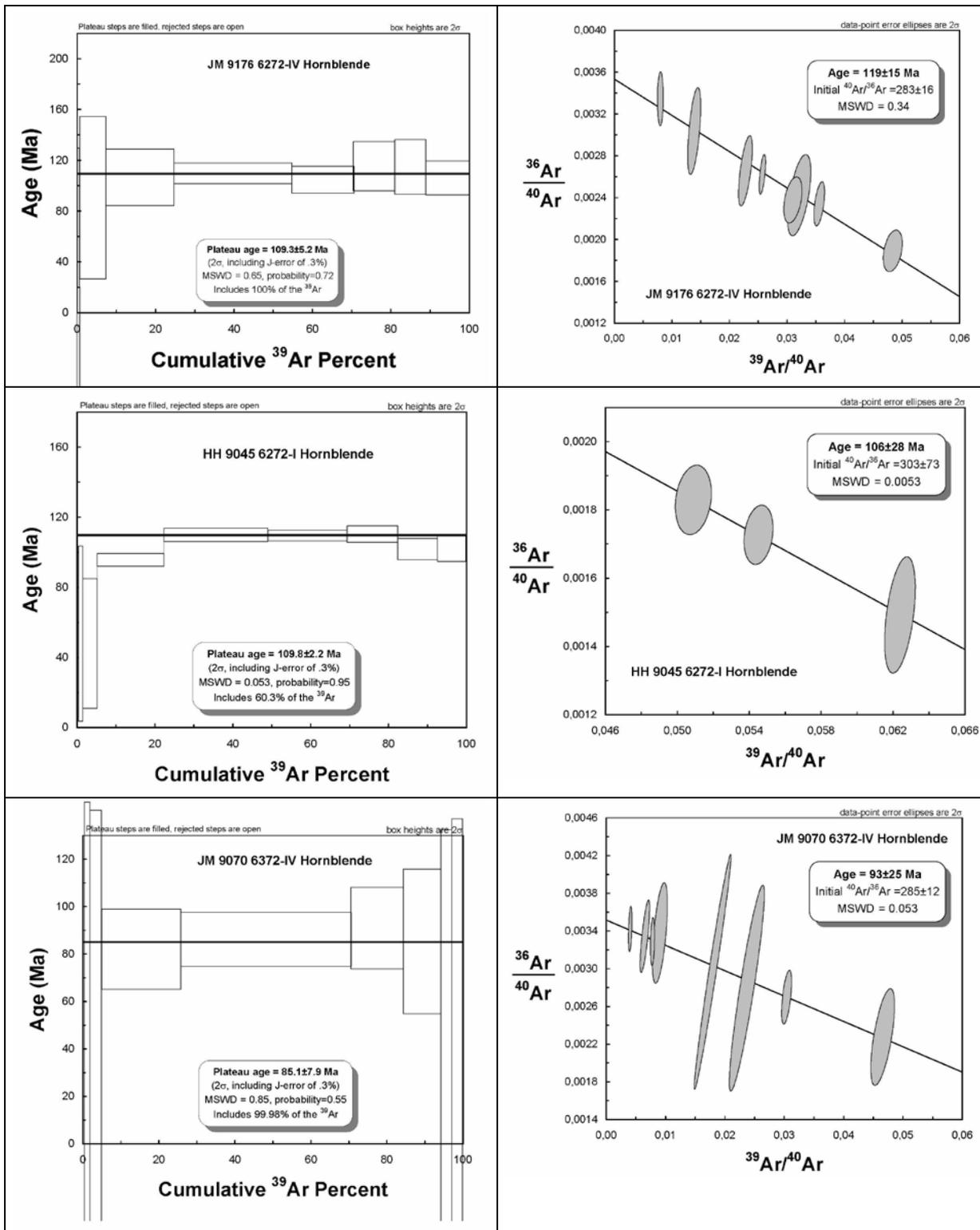
Los granitoides de composición tonalítica, intrusivos en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos, han sido muestreados en varios sectores de la Cordillera Oriental y datados por método Ar/Ar sobre hornblenda. :

- cuarzo-diorita de grano medio-grueso, isotropa, del batolito de Cevicos (muestra JM-9176, Hoja de Sabana Grande de Boyá) ;
- afloramiento de tonalita hornblendico-biotítica, de grano medio a grueso, que ocupa el núcleo de la Fm Los Ranchos aislado por la caliza de Los Haitises en la Hoja de Anton Sanchez (muestra HH-9045) ;
- tonalita de grano grueso, con textura isogranular (muestra JM-9070) y microgabro de grano fino (muestra JM-9274) del plutón de El Valle.

Excepto para la muestra JM-9070, las edades “plateau” obtenidas están bien definidas, comprendidas entre 106 y 121 Ma (Albiano-Aptiano) (Figura 11). Son comparables a la edad obtenida para las tonalitas del plutón de Zambrana ($115 \pm 0,3$ Ma, U/Pb en roca total) en la Hoja Hatillo, durante el anterior proyecto SYSMIN (Martín M., 2000).

Apoyan también la filiación geoquímica constatada entre los intrusivos tonalíticos y las facies volcánicas ácidas de la Fm Los Ranchos.

La edad de $85,1 \pm 7,9$ Ma obtenida con la muestra JM-9070 parece poco fiable, debido a la integración de los valores del conjunto de los escalones. Sin embargo se debe comparar a las dataciones realizadas anteriormente por Bellon H. *et al.* (1985) con dos muestras del macizo de El Valle (método $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ sobre roca total) : $95 \pm 4,8$ Ma y $87,3 \pm 4,4$ Ma. Estas edades, más recientes que los precedentes, reflejan probablemente el efecto del metamorfismo con pumpeleita-prehnita que afecta localmente la tonalita.



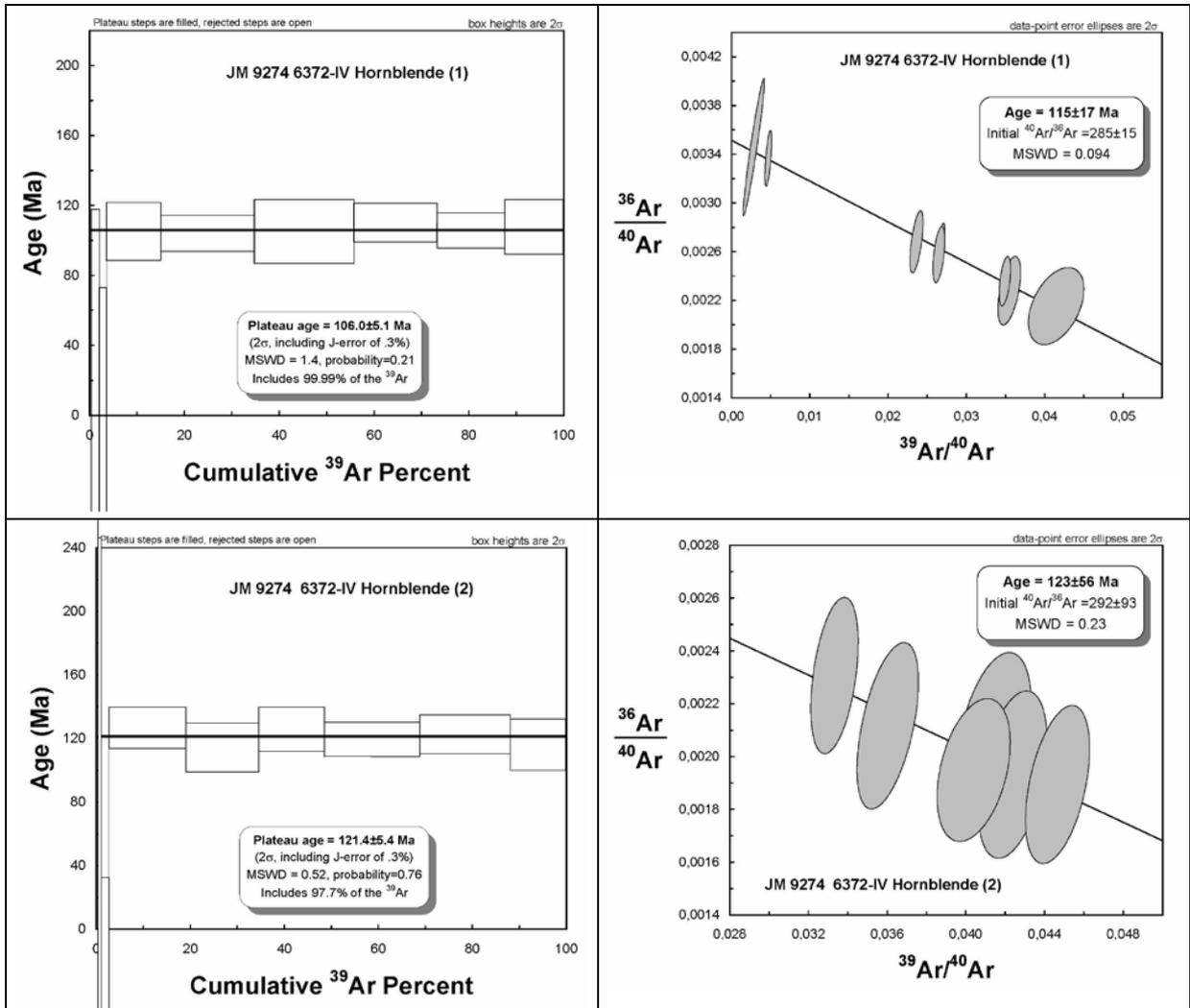


Figura 11 : Diagramas con las edades “plateau” y las isocronas realizadas por el método Ar/Ar de las muestras de granitoides (Proyecto L-Este).

3.3.2.3 Lava andesítica de la Fm Las Guayabas – Mb Loma La Vega

La muestra estudiada (JM-9274, Hoja de El Seibo) corresponde a una lava de composición andesítica, porfídica con una fábrica fluidal traquítica. En la ausencia de circón y horblenda, la datación se efectuó por método Ar/Ar sobre feldespato potásico.

La edad obtenida (Figura 12), de $58,1 \pm 0,8$ Ma, refleja muy probablemente el efecto de una alteración paleocena, mucho más reciente que la extrusión lávica. De hecho, las volcanitas del Mb Loma La Vega constituyen un horizonte bien definido, encajado en los sedimentos turbidíticos, datados de la base del Cretácico Superior por sus contenido faunístico.

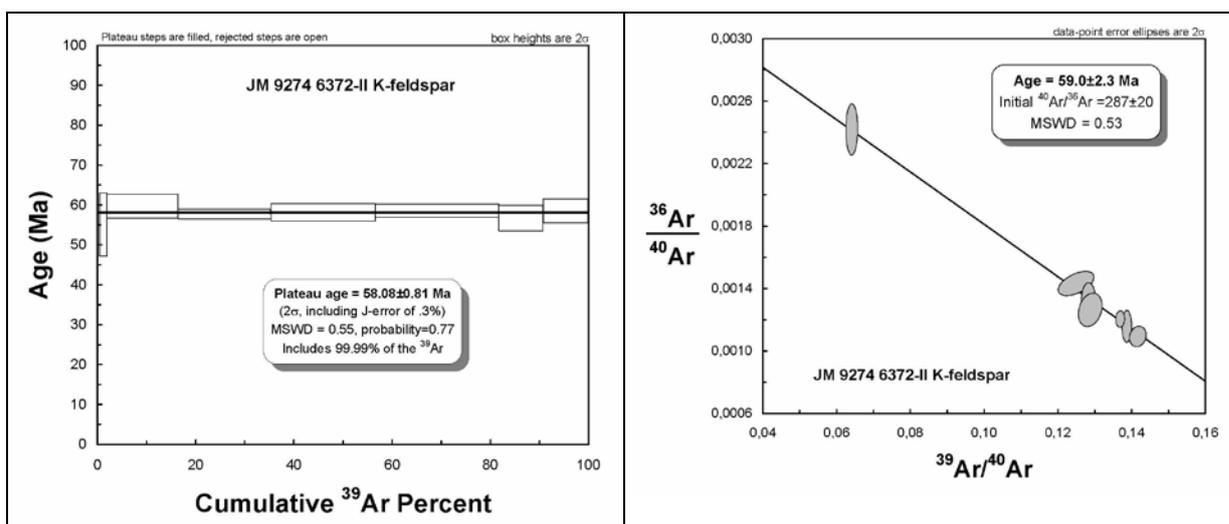


Figura 12 : Diagramas con la edad “plateau” y la isocrona realizadas por el método Ar/Ar de la muestra JM-9274 (Hoja de El Seibo - Proyecto L-Este).

4 TECTÓNICA

4.1 MARCO GEODINÁMICO

La isla de La Española forma parte del archipiélago de las Antillas Mayores. Desde el punto de vista geodinámico, esta región está ubicada en el límite norte de una pequeña placa, la Placa Caribe que desempeña el papel de una zona de tapón entre la Placa de América del Norte, la Placa de América del Sur y las pequeñas placas del Pacífico este ; Placa Cocos y Placa Nazca. (Figura 13).

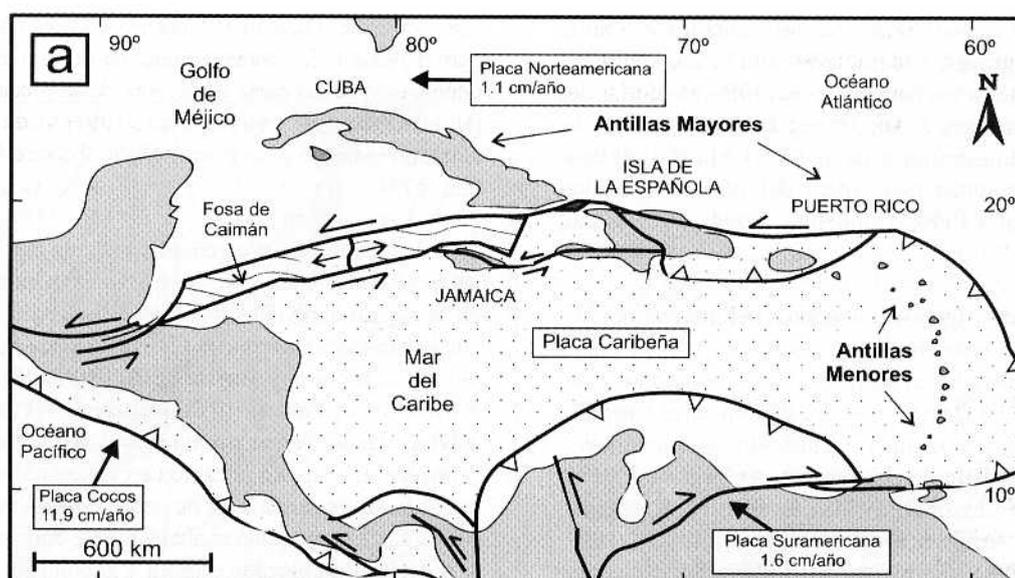


Figura 13 : Posición de la Placa Caribe. La Isla de La Española está situada sobre la zona activa de desgarre sinistral que separa las placas norteamericana y caribeña (Lewis J.F. et al., 2002).

Las Antillas Mayores : Cuba, Jamaica, La Española y Puerto Rico pertenecen a la cadena norte-caribe cuya estructuración mayor corresponde a la colisión del margen sur de la Placa de América del Norte, con el arco volcánico de la «Proto-Placa» Caribe al final del Cretácico (Figura 14, Figura 15).

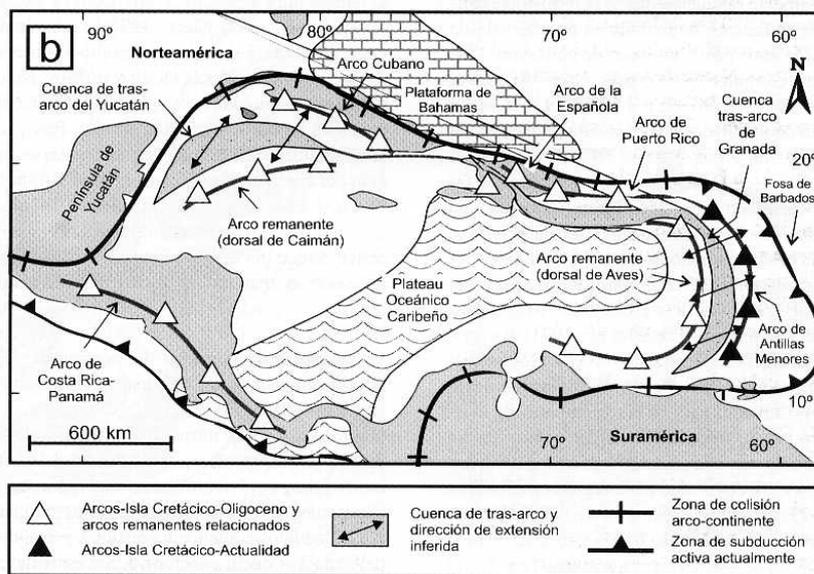


Figura 14 : Principales elementos tectónicos del sistema de arco-isla circum-caribeño de edad Cretácico Superior – Eoceno. (Lewis J.F. et al., 2002).

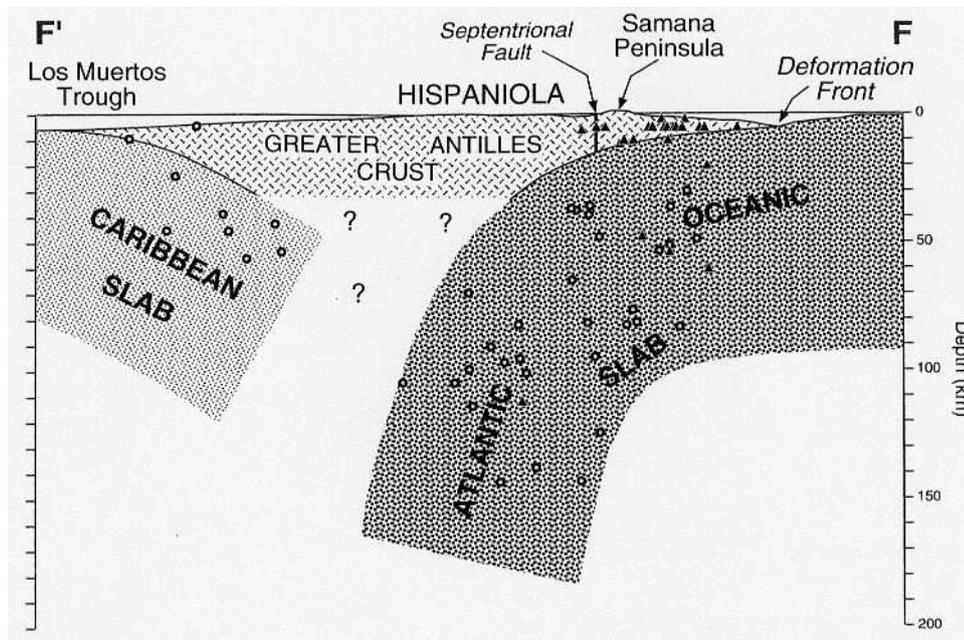


Figura 15 : Corte interpretativo que permite visualizar las relaciones entre La Isla de La Española y las placas Norteamericana y Caribeña (Dolan J.F. et al., 1998).

En su configuración actual (Figura 16), las Antillas Mayores están cortadas en tiras, separadas las unas de las otras por grandes desenganches sinestros con dirección general este-oeste. Estas estructuras se insertan en un sistema de fallas transformantes complejas, el sistema Polochic/Caimán, activo desde el Terciario y cuya evolución, hasta los tiempos actuales, arrastra una estructuración nueva de la cadena.

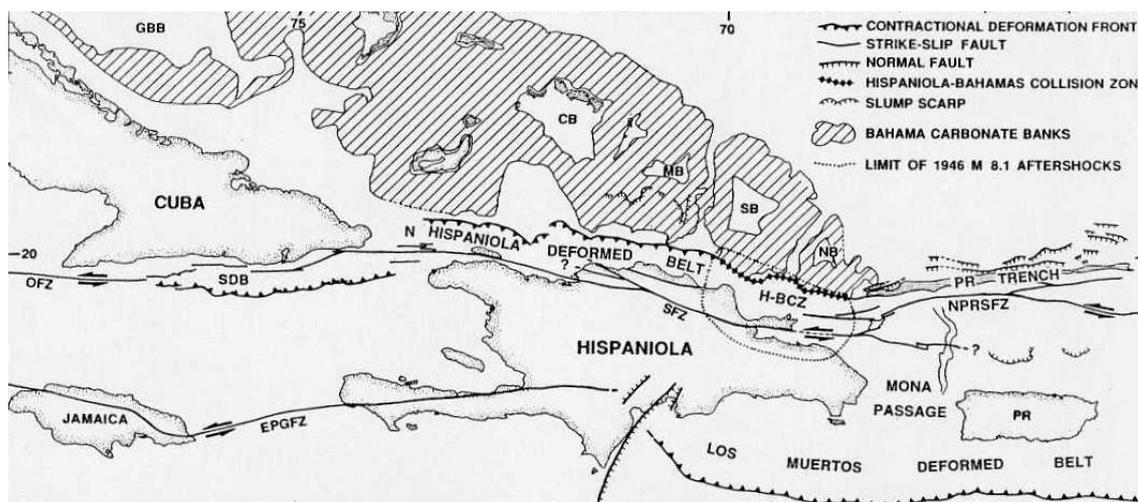


Figura 16 : Posición de La Isla de La Española y relación de los principales cizallamientos sinestros con la falla transformante Polochic/Caiman (Dolan J.F. et al, 1998).

El conocimiento y la interpretación de esta evolución geodinámica se apoyan en los trabajos de una comunidad internacional de científicos. Desde hace varios años han sido objeto de numerosos artículos publicados principalmente por :

- la Sociedad Geológica de América, en “Special Paper 262” en 1991 (Mann P., Draper G. y Lewis J.F.) y de “Special Paper 326” en 1998 (Dolan J.F. y Mann P.) ;
- el Instituto de Ciencias de la Tierra “Jaume Almera” de la Universidad de Barcelona, en el volumen 37 del “Acta Geológica Hispánica” en 2002 (Pérez-Estaún A., Tavares I., García Cortés A. y Hernaiz Huerta P.P.).

Las diferentes figuras que ilustran nuestro propósito provienen de algunas de estas publicaciones.

4.2 ESTRUCTURA DE LA CORDILLERA ORIENTAL

La Cordillera Oriental se extiende Este-Oeste, con una longitud de unos 135 kilómetros y una anchura de unos 35 kilómetros, en el área adyacente a la costa sur de la Bahía de Samaná (Figura 4). Forma una sucesión de lomas incididas por una red de drenaje Norte-Sur que culminan a 736 metros de altura en Loma Vieja.

El límite norte de la Cordillera es la falla Meridional de Samaná que forma parte del sistema de fallas que se extienden hacia el NO a lo largo de la Cuenca del Cibao (Dixon T.H. y Daily M.I., 1981 ; de Zoeten R. y Mann P., 1991 ; Edgar N.T., 1991). Al Oeste se halla separada de las rocas cretácicas que forman el Cinturón Intermedio por el cabalgamiento de Hatillo (Bowin C., 1966). Hacia el Sur los relieves de la Cordillera Oriental disminuyen su altura y las rocas plegadas que la forman son cubiertas en discordancia por calizas arrecifales de edad plio-cuaternaria.

La evolución tectónica y sedimentaria es resultado de la subducción y colisión oblicua entre el borde norte de la placa del Caribe y la plataforma de las Bahamas (Burke K. *et al.*, 1978). Un corte geológico a través del límite de placas (Figura 17) sitúa la Cordillera Oriental como un gran bloque volcano-plutónico de edad cretácica adyacente a las fallas E-O que limitan la cuenca de la Bahía de Samaná, rellena por 2900 m de sedimentos plio-cuaternarios (Edgar N.T., 1991). El basamento de esta cuenca se cree formado por las mismas rocas cretácicas expuestas en la Cordillera Oriental y diferente de las rocas del complejo metamórfico que forma la Península de Samaná. La fosa entre la Península de Samaná y el Banco de Navidad está situada en el límite entre la placa del Caribe y la placa Norteamericana, como demuestra la actividad sísmica concentrada al Sur de la fosa (Dolan J.F. *et al.*, 1998).

Bowin C. (1975) presenta un mapa geológico y un mapa estructural de la isla de La Española que incluye por primera vez elementos estructurales de la Cordillera Oriental. Esta área permaneció sin embargo como una de las menos conocidas de la isla hasta el trabajo de Bourdon L. (1985), que integra una cartografía geológica 1:100.000, cortes geológicos seriados y análisis de orientaciones. L. Bourdon reconoce dos unidades principales, El Seibo y El Oro, cada una con distinta serie estratigráfica y diferente estilo de deformación. El mapa de Bourdon L. (1985) es reproducido casi sin cambios por Lebrón M.C. y Mann P. (1991), que aportan adicionalmente un corte geológico regional profundo, con pliegues de vergencia norte sobre una superficie de despegue situada a techo de la Formación Los Ranchos. Las

recientes cartografías geológicas 1:50.000 del proyecto SYSMIN 2003-2004 demuestran que las formaciones estratigráficas y los elementos estructurales cruzan los límites de las unidades del Seibo y del Oro y por tanto resulta innecesaria esta subdivisión, simplificando en gran medida la geología de la Cordillera.

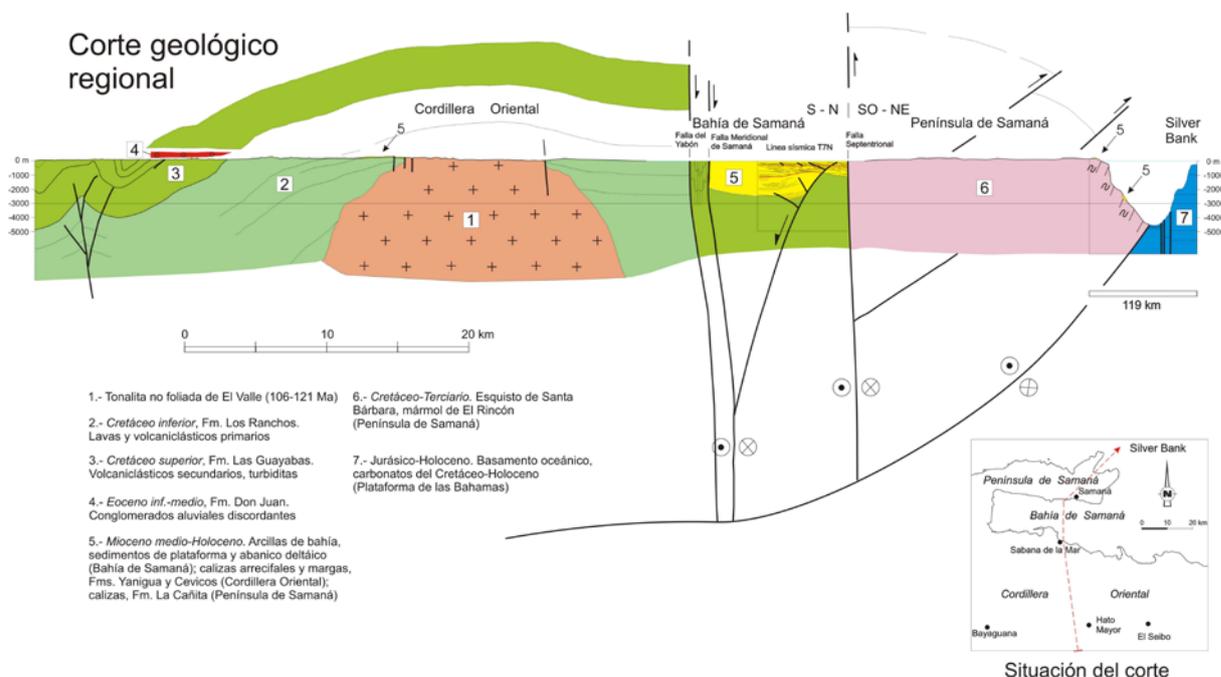


Figura 17 : Corte geológico regional entre la Cordillera Oriental Dominicana y la plataforma de las Bahamas. La interpretación de la línea sísmica T7N es de Edgar N.T. (1991), y se ha migrado usando los datos de velocidad del citado autor. El límite de placas marcado por focos de terremotos y la línea sísmica 12 se han extraído de Dolan J.F. et al. (1998). El perfil muestra la Fm Los Ranchos y la tonalita en el núcleo de la cordillera, elevados sobre la placa subducida y erosionados por la Fm Don Juan (discordancia pre-Eoceno) y las fallas transformantes terciarias que limitan la Bahía de Samaná.

Las rocas más antiguas que afloran son más de 3000 metros de rocas volcánicas (Fm Los Ranchos), cubiertas por una delgada plataforma (<300 m) de carbonatos de edad cretácico medio (Fm Hatillo), seguida de unos 5500 metros de areniscas y calizas de origen esencialmente turbidítico (formaciones del Cretácico Superior). Presentan un metamorfismo de bajo grado en facies de prehnita-pumpellita (Bourdon L., 1985) y se hallan intruidas por granitoides de edad cretácico. El conjunto forma el basamento de cuencas terciarias y cuaternarias.

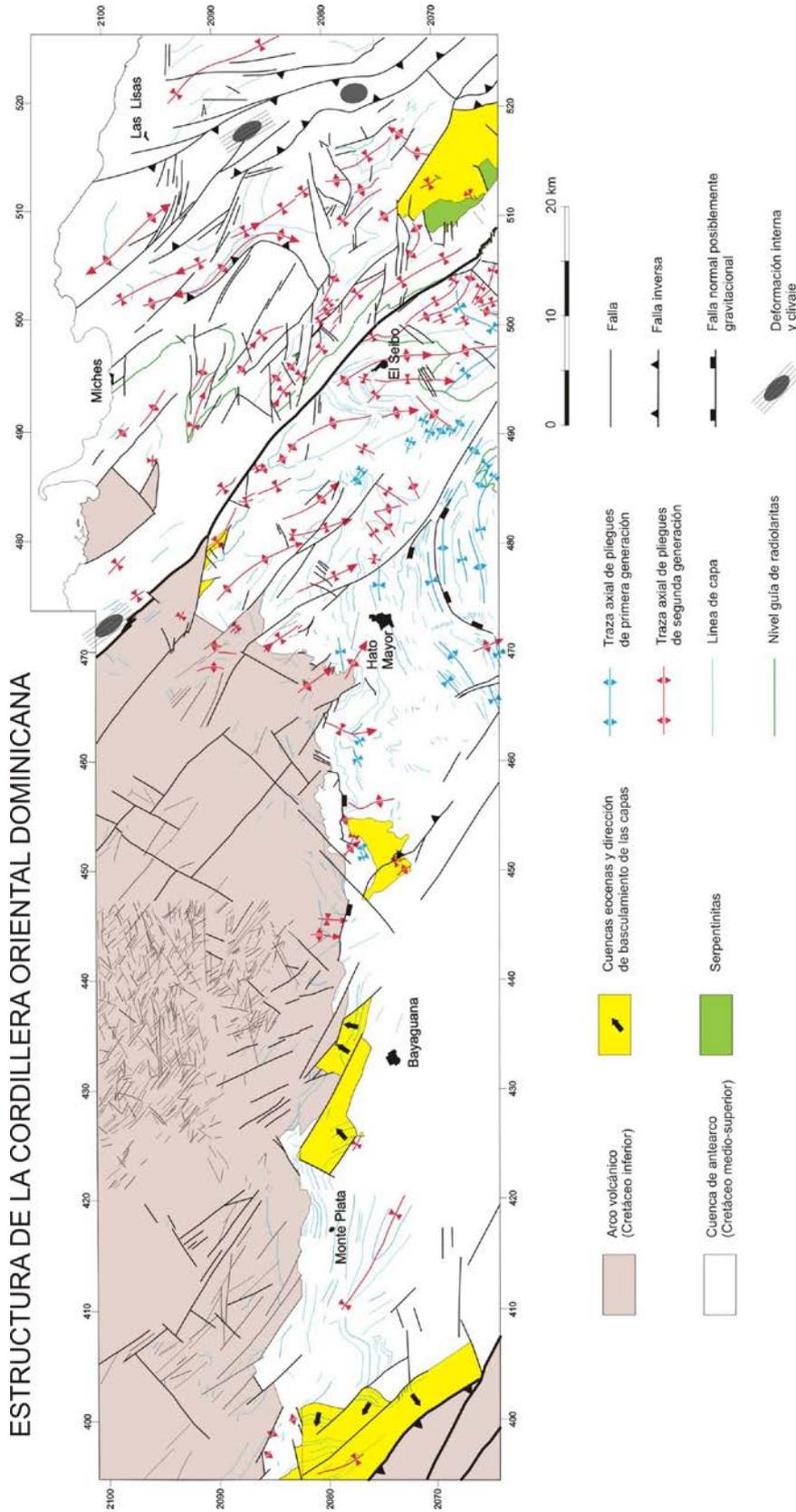


Figura 18 : Mapa tectónico de la Cordillera Oriental Dominicana con los principales elementos estructurales.

A escala regional, la Cordillera es un gran antiforme ONO-ESE, que cierra hacia el Este, definiendo una amplia zona de charnela (Figura 4, Figura 18). En el núcleo del antiforme están expuestas las rocas del Cretácico Inferior y los granitoides intrusivos, mientras que las rocas del Cretácico Superior forman las capas externas. El flanco norte está cortado por la falla meridional de la Bahía de Samaná. La estructura antiformal está complicada por pliegues y fallas de superficie casi vertical con cizallas en dirección y componentes inversos y normales. Los pliegues dominan en las series estratificadas del Cretácico Superior y son raros en la pila de rocas volcánicas de la Formación Los Ranchos y en los granitoides intrusivos del núcleo del antiforme, que se hallan principalmente fracturados. La fracturación es más evidente cuando una cobertera de calizas plio-pleistocenas cubre a la Formación Los Ranchos, por ejemplo en el área al Norte de Bayaguana (Figura 18)

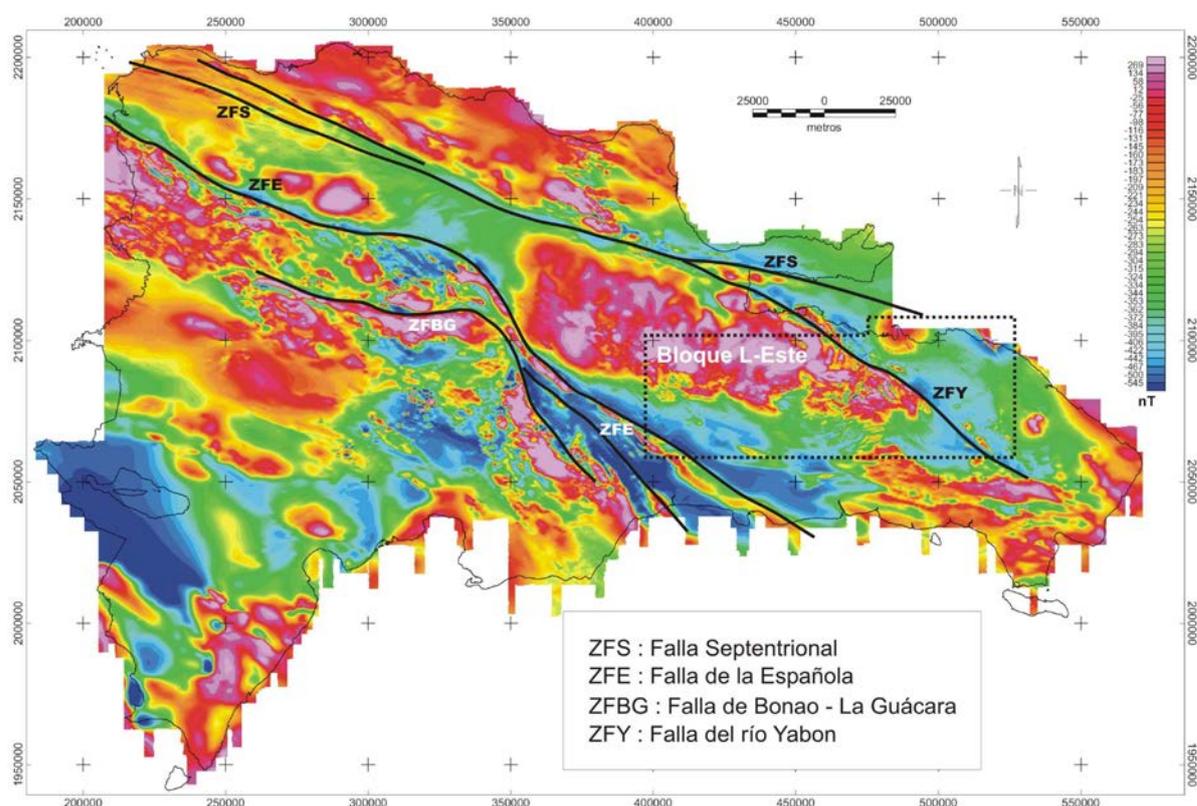


Figura 19 : Campo magnético total reducido al polo, localización del Bloque L-Este y de las principales zonas de falla de la República Dominicana.

Fuera del área de culminación antiformal, la Fm Los Ranchos aflora en un área reducida al Oeste del pueblo de Miches. Ambos afloramientos están separados por la falla NO-SE del Yabón, activa desde el Terciario como una falla en dirección levógira (Hernández J.B., 1980; Bourdon L., 1985). Esta falla produce una señal marcada en el mapa geomagnético (Figura 19) y tiene asociadas protrusiones (intrusiones tectónicas) de rocas ultramáficas de origen

mantélico emplazadas en el Cretácico Superior. Se trata por tanto de una falla en dirección que ha evolucionado a partir de una falla crustal en la cuenca de ante-arco.

La existencia de fallas con larga historia de actividad es asimismo postulada por Draper G. *et al.* (1996) en el área de deformación intensa limitada al NE por el cabalgamiento de Hatillo. Estos autores consideran una fase de deformación por cabalgamientos de edad cretácico medio, previa a la sedimentación de la Formación de Hatillo y una reactivación tardía de las estructuras en el Eoceno Medio-Superior. Independientemente de estos argumentos, en la Cordillera Oriental no existe una severa deformación de la Formación Los Ranchos bajo la Caliza de Hatillo. La discordancia angular entre ambas formaciones resulta más bien compatible con una elevación vertical o una suave contracción longitudinal.

Un poco mejor caracterizada desde el punto de vista estructural es la discordancia de la base del Cretácico Superior entre la Caliza de Hatillo y la Formación Las Guayabas. Entre las poblaciones de Hato Mayor y Bayaguana hay familias de fallas NO-SE, NE-SO y E-O que muestran erosión en sus bloques, con cambios bruscos de espesor de la caliza de Hatillo, que puede estar totalmente omitida (Figura 4). Se interpretan como fallas que acomodan la ¿extensión? inicial en la cuenca de ante-arco. Otras fallas de una escala mayor cortan en rampa 1,2 km de la parte alta del Cretácico Superior al Sureste de Hato Mayor (Figura 18). Aunque la homogeneidad litológica de la Fm Las Guayabas impide reconocer la separación estratigráfica en ambos bloques, la opción más plausible es que se trata de fallas de perfil lístrico que extienden hacia el Sur los sedimentos en el talud submarino. Análogos de pequeña escala se observan en cortes de taludes en la Hoja de Monte Plata. Estas observaciones indican que las fallas extensivas gravitacionales de diferentes escalas son un elemento característico de la cuenca de ante-arco del Cretácico Superior, y que las más antiguas se asocian al evento erosional que trunca la Caliza de Hatillo y Los Ranchos.

Dos generaciones de pliegues contractivos se superponen (Figura 18). La primera, con un patrón concéntrico, es groseramente paralela al contacto cartográfico de las formaciones los Ranchos y Las Guayabas. Entre las poblaciones de Hato Mayor y Las Lisas está doblada por pliegues NO-SE y N-S de segunda generación, que producen estructuras de interferencia del tipo-I, caja de huevos de Ramsay J.G. (1967). El ejemplo más espectacular es la estructura sinformal de doble inmersión situada al Sureste de El Seibo.

El paralelismo de los pliegues de primera generación al contacto cartográfico entre Los Ranchos y las formaciones del Cretácico Superior sugiere una relación genética entre el plegamiento contractivo y el basculamiento monoclinial hacia el Sur y Sureste de las series cretácicas. Su efecto en la Cordillera Oriental fue la contracción, elevación y basculamiento hacia el arco del borde de la placa del Caribe sobre la placa subducida (Figura 17) y la protrusión hasta la superficie de rocas ultramáficas serpentinizadas. La deformación ocurrió antes del Eoceno (Bourdon L., 1985), edad del conglomerado de Don Juan, que erosiona terrenos más antiguos hacia el Norte, llegando a yacer sobre la Formación Los Ranchos al Oeste de Hato Mayor.

La deformación finicretácica en la Cordillera Oriental coincide con el cese de la principal actividad volcano-plutónica en La Española y es correlativa a la fase de deformación regional que afecta a las Antillas Mayores entre el Campaniano y el Eoceno, para la que se ha invocado diversos contextos geotectónicos (Bourdon L., 1985 ; Pindell J.L. y Barret S.F., 1990 ; Mann P. *et al.*, 1991 ; Draper G. y Lewis J.F., 1991).

Las rocas elevadas y erosionadas del arco volcánico del Cretácico Inferior y del ante-arco del Cretácico Superior, forman el basamento de los sedimentos eocenos, depositados en cuencas estrechas limitadas por fallas NO-SE, E-O y NO-SE (Figura 4, Figura 18). El perfil transversal de estas cuencas es de tipo semigraben, con estratos rotados hacia las fallas (Figura 20). Los primeros depósitos son conglomerados aluviales de la Formación Don Juan, provenientes de los relieves adyacentes a las fallas. Encima yacen generalmente calizas, areniscas y conglomerados marinos con diferencias estratigráficas entre cuencas que indican una evolución independiente. La generación de relieve en bloques elevados adyacentes a bloques deprimidos es típica de cuencas transpresivas.

Los pliegues de segunda generación y sistemas de cizallas asociadas que se desarrollaron entre el Eoceno y la Actualidad representan la deformación post-acrecional y post-colisión del arco de islas. Su frecuencia crece en la zona que rodea a la falla del Yabón, disminuye entre Hato Mayor y Monte Plata y vuelve a incrementarse en el área al Oeste de Monte Plata, por la deformación asociada a las zonas de cizalla que forman el límite NE de la Cordillera Central (Bowin C., 1966 ; Boisseau M., 1987 ; Draper G. *et al.*, 1996).

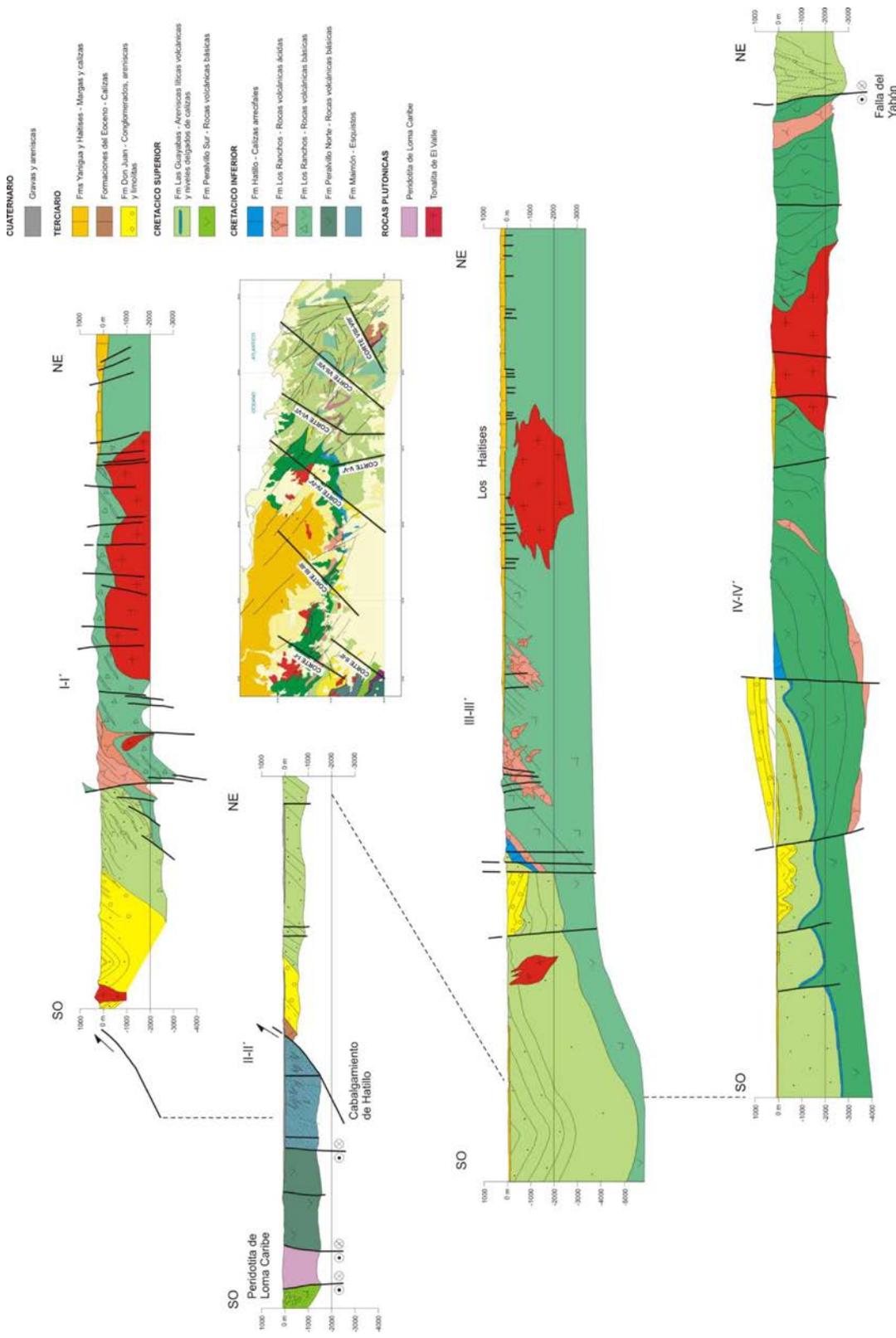


Figura 20 : Cortes geológicos seriados (I-I' a IV-IV') de la Cordillera Oriental Dominicana.

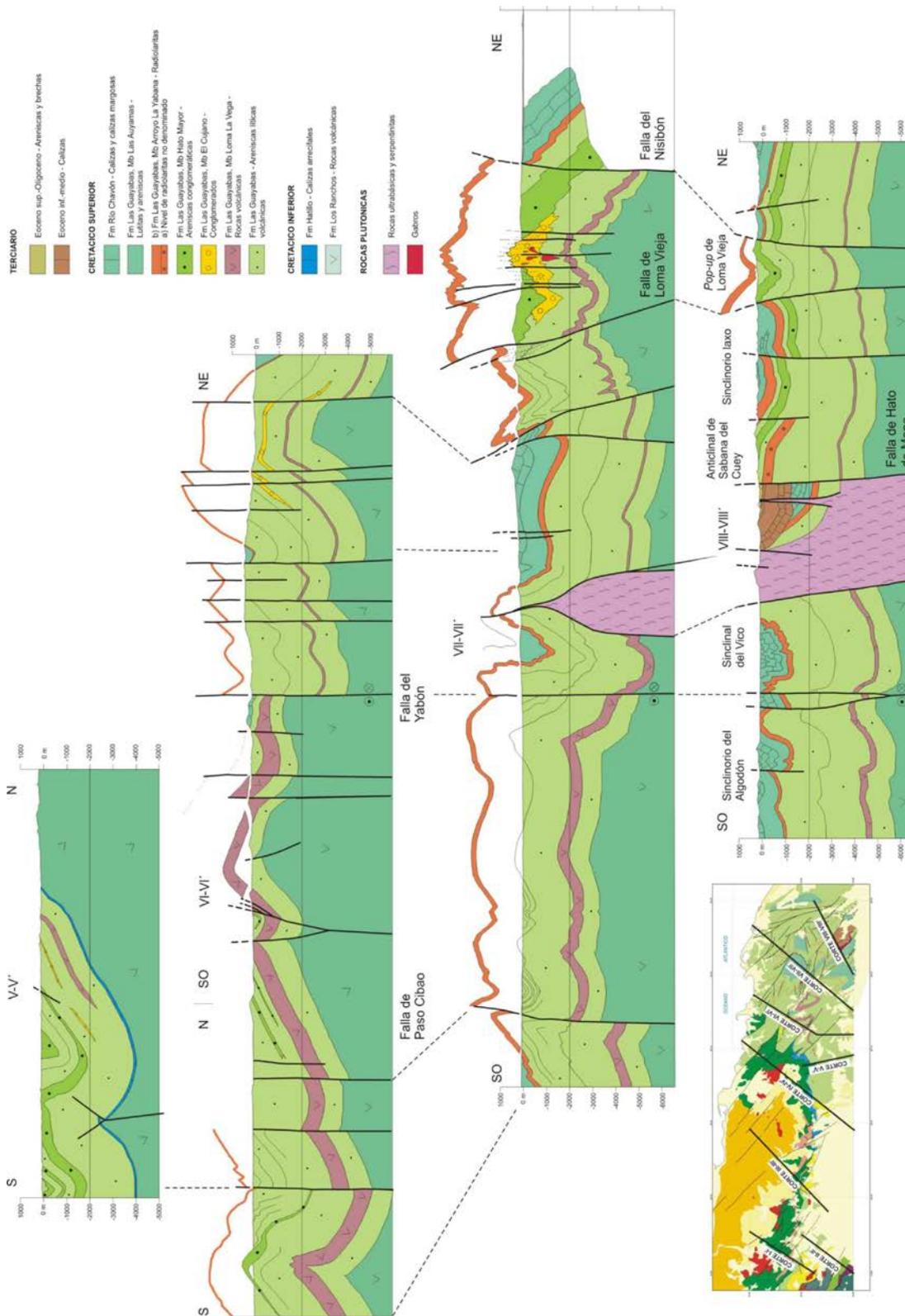


Figura 21 : Cortes geológicos seriados (V-V' a VIII-VIII') de la Cordillera Oriental Dominicana.

En el lado suroeste de la falla del Yabón los pliegues se disponen “en echelon” con un escalonamiento levógiro a ángulos de aproximadamente 20° respecto a la superficie de la falla, indicando un movimiento horizontal convergente levógiro. En contraste, los pliegues adyacentes al lado noreste son de traza subparalela. La falla y tal vez las diferencias reológicas del basamento en ambos bloques inducen la partición del esfuerzo de cizalla pura, resultando estructuras contractivas con desplazamiento oblicuo en el lado occidental de la falla y contractivas en el lado occidental. Otras fallas NO-SE a NNO-SSE entre las poblaciones de Miches y Las Lisas, exhiben en superficie una componente inversa notable y forman bloques elevados de doble vergencia como el de Loma Vieja, la máxima altura de la Cordillera. Adicionalmente, cizallas de Riedel ONO-ESE (con ligeros cambios de ángulo debidos a rotaciones) cortan a pliegues en el bloque nororiental de la falla del Yabón, que resultan deformados como domos, semi-anticlinales y semi-sinclinales, con un patrón similar al reproducido por Harding T.P. y Lowell J.D. (1979) en modelos de arcilla.

El perfil de los pliegues, generalmente abierto, cambia a apretado de tipo acordeón en el área adyacente a fallas importantes como la del Yabón, o en bloques empujados y elevados como el de Loma Vieja (Figura 20, Figura 21). La configuración del sinclinorio situado al Sureste de El Seibo es cónica, con líneas de charnela que divergen hacia el SE en la dirección de movimiento de la falla del Yabón. La mecánica del plegamiento por cizalla convergente que se invoca usualmente para explicar la formación de estos pliegues (ej. Silvester A.G., 1988) no requiere la existencia de una superficie de despegue somera a techo de la Formación Los Ranchos como proponen Mann P. *et al.* (1991).

La región de máximo acortamiento con desarrollo de clivaje se sitúa próxima a la costa norte, entre las poblaciones de Miches y Las Lisas. El clivaje prácticamente desaparece siguiendo el eje de los pliegues hacia el Sureste (Figura 18). Existe por tanto una variación de acortamiento subperpendicular a las superficies axiales, que Bourdon L. (1985) interpretó erróneamente como la evidencia de dos unidades, El Seibo y El Oro con una historia tectónica y estratigráfica diferente y que Mann P. *et al.* (1991) llevan a la categoría de “terrenos”

Para Burke K. *et al.* (1980), Mann P. *et al.*, (1984) y Dolan J.F. *et al.* (1998), la transpresión es resultado de la orientación E-O de las fallas de Samaná, que se separa de la dirección OSO-ENE del movimiento de las placas, lo que produce una restricción a la traslación lateral de la placa del Caribe. En este contexto, las fallas E-O de Samaná constituyen la zona

principal de cizalla, acomodando una parte importante de la traslación, mientras que los pliegues y fallas NO-SE de la Cordillera acomodan la mayor parte de la laminación mecánica y el acortamiento intraplaca.

En la actualidad, el borde norte de La Española es una zona activa de cizalla, con deformación y sismicidad. Edgar N.T. (1991) reconoce deformación reciente en las líneas sísmicas superficiales bajo el agua de la Bahía de Samaná y Winslow M.A. *et al.* (1991) en la continuidad de estas estructuras hacia tierra por el bloque de San Francisco. La actividad neotectónica en la Cordillera Oriental es evidente en la elevación del arrecife plio-cuaternario, que originalmente se extendía de costa a costa en el Este de la isla y actualmente presenta un relieve estructural superior a 400 metros. El plegamiento del arrecife es pasivo, adaptado a la componente vertical de movimiento de fallas de desgarre ONO-ESE y NE-SO. Entre los rasgos geomorfológicos destacan la superficie de erosión argilitizada al Sur de Miches, numerosos relieves de lomas paralelos a escarpes de fallas y el control de la red hidrográfica. Este último se evidencia a pequeña escala en el trazado rectilíneo de los arroyos y a gran escala en el drenaje dominante hacia el Sur. La causa última es la disimetría impuesta por las fallas bajo la Bahía de Samaná, que deprimen abruptamente el bloque norte adyacente al máximo relieve de la Cordillera.

4.3 CARÁCTERÍSTICAS DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS Y UNIDADES TECTÓNICAS DE LA HOJA “LAS LISAS”

La Hoja 1/50 000 Las Lisas presenta, a la vez, pliegues y estructuras frágiles tal como lo muestran el esquema estructural de la Figura 22 y las cortes de la Figura 23.

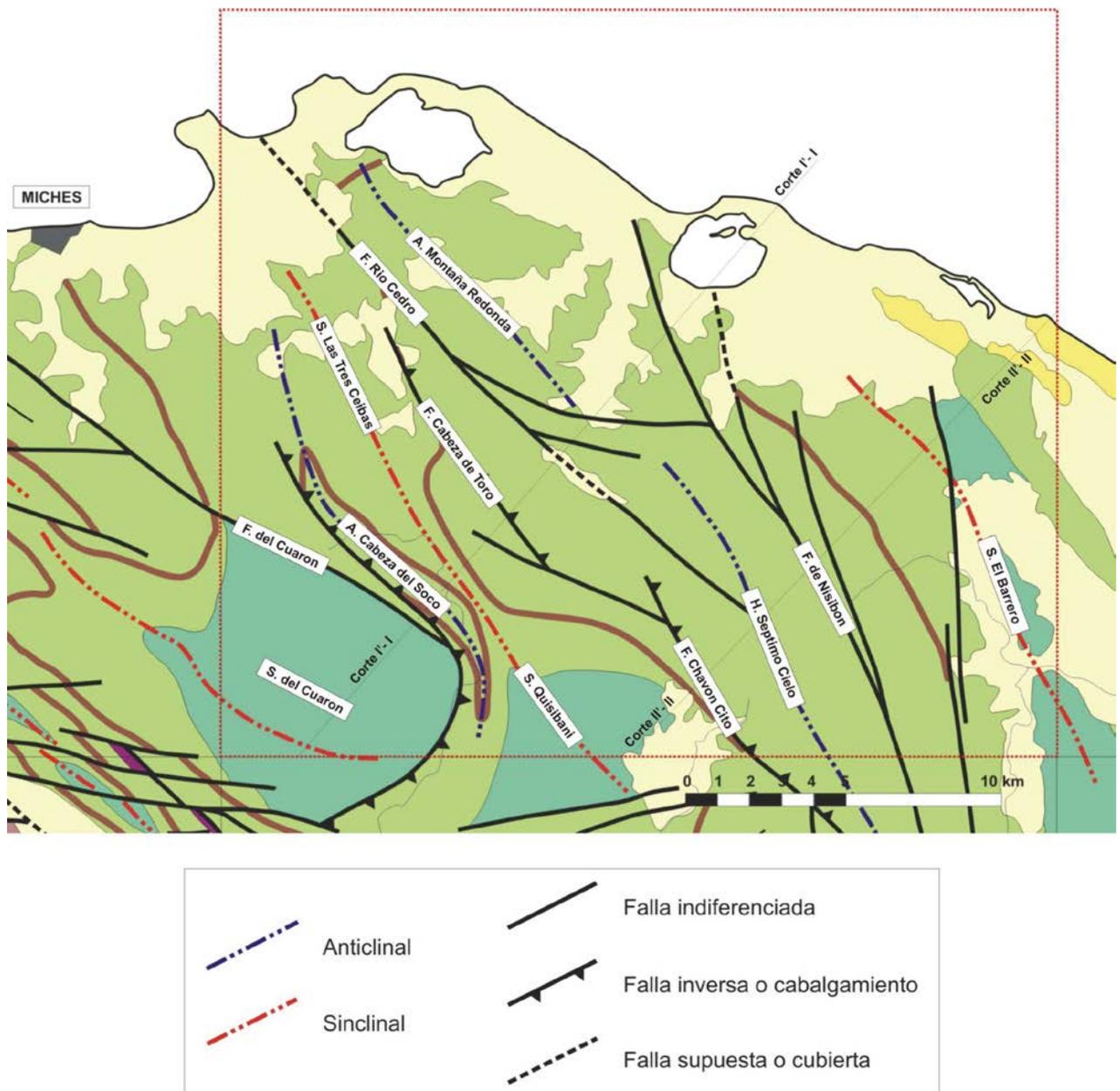


Figura 22 : Esquema estructural de la Hoja Las Lisas.

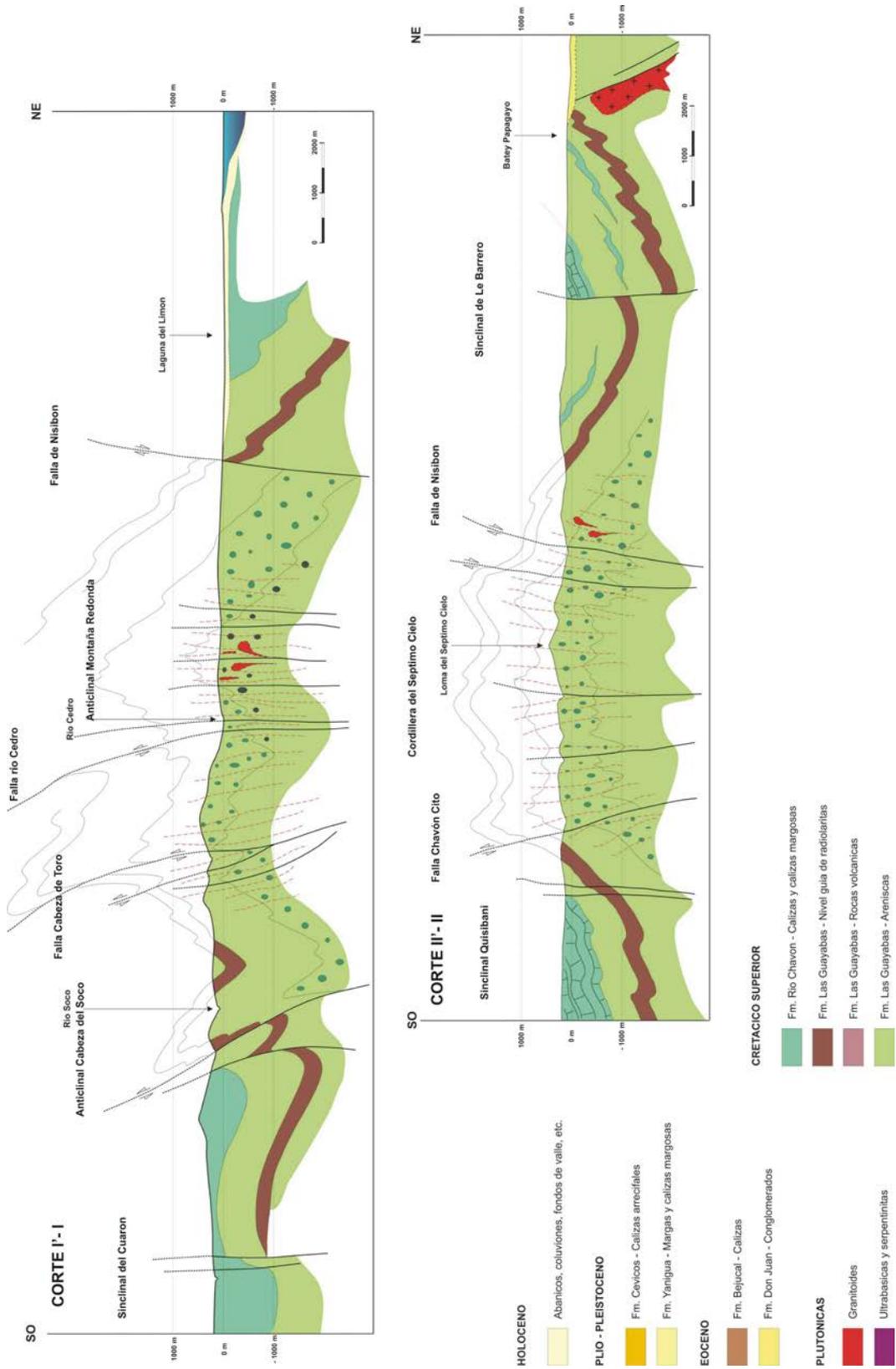


Figura 23 : Secciones geológicas de la Hoja de Las Lisas.

4.3.1 Los pliegues

Los levantamientos geológicos han permitido definir cuatro zonas estructurales. Estas zonas están limitadas por las principales estructuras frágiles. Del SO hacia el NE, se trata :

- **1** – Un sinforme con núcleo margo-calizo y calizo de la Fm Río Chavón. Ha sido llamado “**Sinforme del Cuarón**”. Corresponde con el ángulo SO de la Hoja ; limitada al NE por la “Falla del Cuarón” y hacia el Este por un contacto anormal que sigue el lecho del río Soco entre La Cuchilla y la confluencia del río Janabo.

- **2** – Una zona donde el plegamiento es bien evidente por la cartografía del nivel guía de chert de radiolarios (Mb Arroyo La Yabana – Fm Las Guayabas). Está limitada hacia el SO por la “Falla del Cuarón” y hacia el NE por los accidentes en relevo “Falla Cabeza de Toro” y “Falla Chavón Cito”. Esta zona comprende esencialmente los terrenos de la parte superior de la Fm Las Guayabas, y hacia el SE, la base de la Fm Río Chavón. En detalle, está compuesta por una estructura anticlinal “**Anticlinal de la Cabeza del Soco**”, de dirección NO-SE a NNO-SSE, cuyo flanco SO está inclinado y fallado. El flanco SO de esta estructura calbarga en parte la “**Sinforme del Cuarón**” a nivel del río Soco, entre La Cuchilla y la confluencia del río Janabo. A este anticlinal le sucede una estructura sinclinal de dirección N150°E, cuyo eje varía en inclinación entre 30-35° :
 - hacia el NO en el “**Sinclinal de Las Tres Ceibas**”. El “Sinclinal de Las Tres Ceibas” está bien estructurado, apareciendo en su núcleo algunos niveles de calizas laminadas negras del Mb Las Auyamas ;

 - hacia el SE en el “**Sinclinal del Quisibani**”.

- **3** - Una zona en fuerte relieve, que constituye el núcleo de la “**Cordillera del Séptimo Cielo**”. Corresponde a un horst de brechas poligénicas del Mb Hato Mayor, delimitado por dos accidentes cartográficos que influyen fuertemente la morfología de la región : hacia el SO, accidentes en relevo “Falla Cabeza de Toro” y “Falla Chavón Cito” y hacia el NE, la “Falla de Nisibón”. En la parte NO de este bloque, se puede individualizar el “**Anticlinal de Montaña Redonda**” cuyo eje N135°E viene, en

esta posición, para sumergirse o para disminuir sobre una red de accidentes E-O que marcan su desaparición entre la “Falla del río Cedro” y la “Falla de Nisibón”.

- **4** - La zona situada entre la “Falla de Nisibón” y el límite oriental de la Hoja. La estructura dominante corresponde a un sinclinal de dirección NO-SE a NNO-SSE, llamado “**Sinclinal de El Barrero**”. Estructuras frágiles con dirección global N-S cortan la zona y se incorporan a la “Falla de Nisibón”.

4.3.1.1 Análisis estereográfico del “Sinforme del Cuarón”

La proyección sobre la falsilla de Schmidt de los polos de planos de estratificaciones medidos en este dominio (Figura 24) presentan una fuerte dispersión con un máximo que sigue la dirección N105°E-34°NE. No es evidente la definición de un plano medio de plegamiento.

Los planos de esquistosidad medidos son pocos y están repartidos siguiendo una dirección NO-SE con buzamientos subverticales (Figura 25).

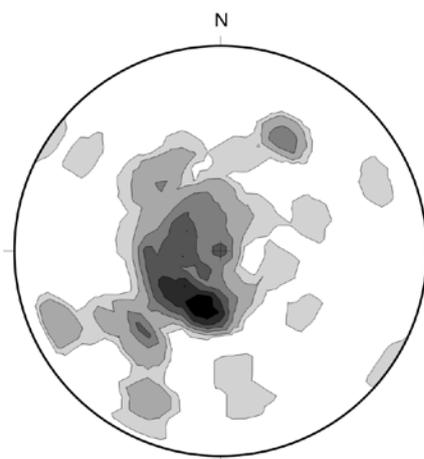


Figura 24 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de los planos de estratificación del “Sinforme del Cuarón” (59 medidas).

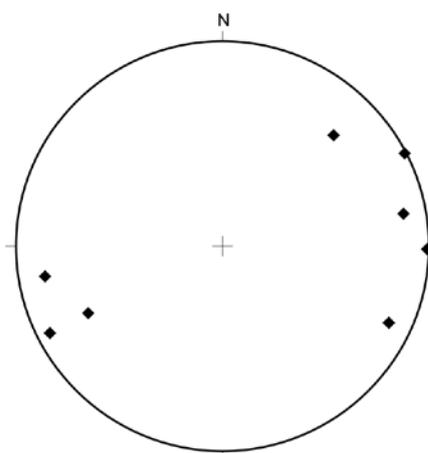


Figura 25 : Estereograma (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de los planos de esquistosidad medidos en el “Sinforme del Cuarón” (8 medidas).

4.3.1.2 Análisis estereográfico de la zona que engloba el “Anticlinal de la Cabeza del Soco” y los “Sinclinales de Las Tres Ceibas y de Quisibani”

Los planos de estratificación medidos (223 medidas) muestran una dispersión bastante fuerte (Figura 26). No obstante, aparece una repartición que sigue un gran círculo, que presenta un polo de dirección N145°E con un buzamiento de 21° hacia el SE. Se puede trazar igualmente un segundo círculo, que tiene por polo N90°E-35°E.

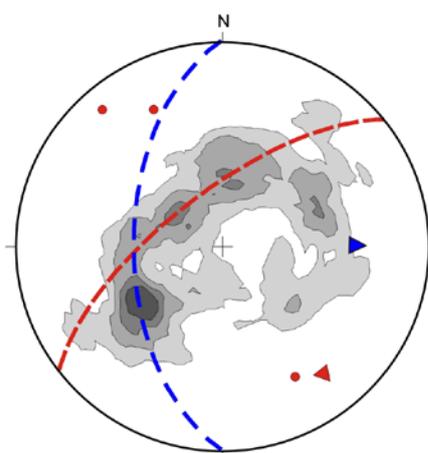


Figura 26 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de estratificación de la zona que engloba el “Anticlinal de la Cabeza del Soco” y los “Sinclinales de Las Tres Ceibas y de Quisibani” (223 medidas). Estos planos se reparten globalmente siguiendo dos grandes círculos.

Los planos de esquistosidad (29) se organizan siguiendo una dirección media N150°E con un buzamiento de 73°NE (Figura 27). Esta esquistosidad muestra también una dirección muy próxima de la medida obtenida en la zona precedente. Es igualmente del tipo “plano axial”, ligada a la fase de plegamiento principal observado. A nivel de los afloramientos, se han medido algunos microplegues de dirección NO-SE, que tienen como plano axial esta esquistosidad.

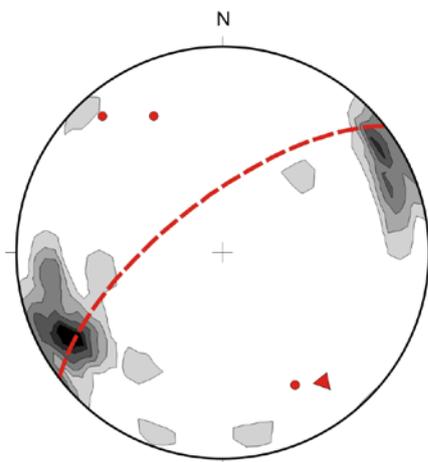


Figura 27 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de esquistosidad de la zona que engloba el “Anticlinal de la Cabeza del Soco” y los “Sinclinales de Las Tres Ceibas y de Quisibani” (29 medidas).

4.3.1.3 Análisis estereográfico del “Anticlinal de Montana Redonda” y del “Horst de La Cordillera del Séptimo Cielo”

En este dominio, los planos de estratificación medidos muestran una dispersión bastante fuerte (Figura 28). No obstante, es posible definir, a partir de estas poblaciones, dos grandes círculos cuyos polos representan los ejes de los pliegues que afectan estos planos. De esta forma se evidencia dos direcciones de ejes :

- una dirección dominante N150°E con un buzamiento de 17° hacia el SE ;
- una dirección N90°E con un buzamiento de 30° hacia el Oeste.

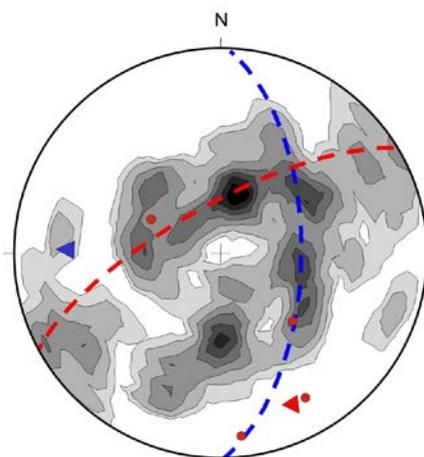


Figura 28 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de estratificación de la zona que engloba el “Anticlinal de Montaña Redonda” y el “Horst de La Cordillera del Séptimo Cielo” (120 medidas). Estos planos se reparten globalmente siguiendo dos grandes círculos.

Los polos de los planos de esquistosidad (Figura 29) se agrupan siguiendo una dirección media N154°E, con buzamientos muy fuertes hacia el SO y el NE. Esta esquistosidad contiene el eje del pliegue N150°E ; es una esquistosidad de “plano axial” de los pliegues cilindricos de dirección N150°E. Esta esquistosidad es muy constante en dirección y no aparece afectada por pliegues secundarios. Todo indica que la estructuración NO-SE es la más tardía, y que los pliegues E-O corresponden a una fase anterior.

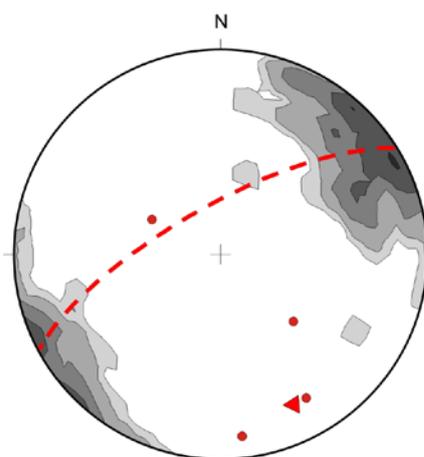


Figura 29 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de esquistosidad de la zona que engloban el “Anticlinal de Montaña Redonda” y el “Horst de La Cordillera del Séptimo Cielo” (64 medidas).

4.3.1.4 Análisis estereográfico del “Sinclinal de El Barrero”

La proyección sobre la falsilla de Schmidt de los polos de planos de estratificación medidos en este dominio, muestra que la estratificación se reparte globalmente siguiendo dos grandes círculos. Se pueden evidenciar (Figura 30) :

- una dirección dominante N148°E con un buzamiento de 12° hacia el NO ; se trata de una dirección parecida a la que se evidencia en la zona precedente ;
- una dirección N90° E con un buzamiento de 19° hacia el Este. Aquí encontramos igualmente una orientación similar a la observada en la zona precedente, pero con una pendiente opuesta.

Resulta así que esta zona fue afectada por 2 fases de deformación con formación de pliegues cilíndricos. Se asocia una esquistosidad de tipo discontinuo, en relación con los pliegues de dirección N148°E. Las medidas (Figura 31) presentan una dirección media N145°E con un disposición subvertical. Esta esquistosidad contiene el eje de los pliegues, por lo que puede ser el plano axial de esta fase de deformación.

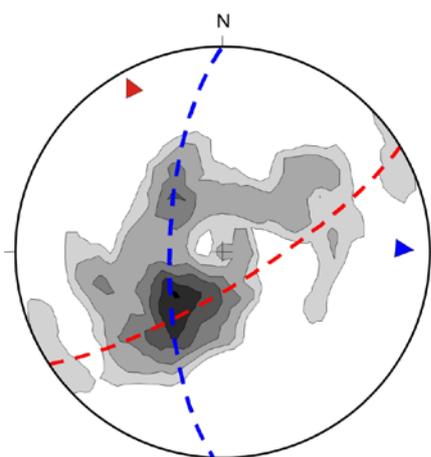


Figura 30 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de estratificación de la zona “Sinclinal de El Barrero” (116 medidas). Estos planos se reparten siguiendo dos grandes círculos.

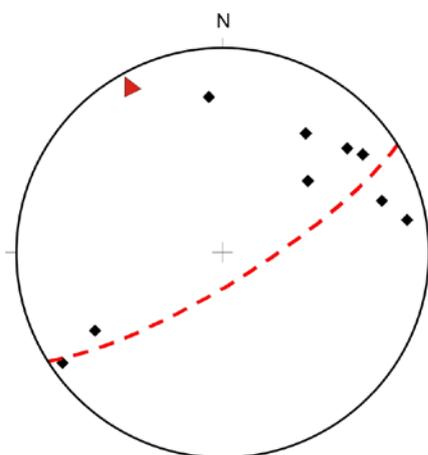


Figura 31 : Estereograma (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de esquistosidad de la zona “Sinclinal de El Barrero” (9 medidas).

4.3.2 Las estructuras frágiles

En la Hoja de Las Lisas, las formaciones sedimentarias del Cretácico Superior (Fm Las Guayabas y Fm Río Chavón) están cortadas por amplios cizallamientos de dirección NO-SE a NNO-SSE. Del SO hacia el NE de la Hoja, los principales accidentes recogidos son los siguientes :

- La “**Falla del Cuarón**” que pasa sobre el contrafuerte norte de la Loma del Cuarón. Este es un accidente vertical, de dirección N120°E, presente también en la Hoja Miches. Delimita la extensión NE del sinforme del Cuarón. Hacia el SE, desaparece bajo el flanco inverso y fallado del anticlinal de “La Cabeza del Soco”. Las relaciones entre estas dos estructuras no se comprenden totalmente.
- La “**Falla de Cabeza de Toro**”, N150°E, que, por relevo de un accidente N110°E, se une a la “**Falla Chavón Cito**”. Estos accidentes parecen tener una fuerte pendiente hacia el NE y presentar un rejuego tardío en falla inversa.
- La “**Falla del río Cedro**”, cuyo trazado N130°E genera un encajamiento profundo en la topografía, que orienta el curso del río Cedro.
- La “**Falla de Nisibón**”, N150°E – vertical ; el rejuego tardío en falla normal de este accidente es la causa de una ruptura topográfica destacable en todo el flanco NE de la cordillera, desde la Loma El Séptimo Cielo hacia el S-SE, hasta la desembocadura

del río Cedro hacia el N-NO. En el campo, el trazado de esta falla se manifiesta igualmente por una silicificación de las rocas deformadas a su contacto.

- En el límite este de la Hoja han sido trazados diferentes accidentes verticales N-S. El más importante, que es bien visible en la topografía, limita la extensión de las margocalizas de la Fm Río Chavón del **sinclinal de El Barrero**.
- Para terminar, se subraya la presencia de un accidente importante N140°E entre Punta de Pontón y Sabana de Nisibón. El trazado de esta fractura está enmascarado por los recubrimientos cuaternarios de la franja costera, pero la falla genera una importante anomalía aeromagnética, bien visible en los levantamientos geofísicos.

Con excepción de la “**Falla de Nisibón**”, ninguna de estas estructuras ha sido observada directamente sobre el terreno. Han sido deducidas de los contactos geológicos anormales, y/o de las rupturas topográficas, o de las anomalías geofísicas que provocan. La “Falla de Nisibón”, o una falla satélite muy cercana que se le asocia, ha sido observada en el punto JM-9919, cerca de las fuentes del río Guayabo en el ángulo SE de la Hoja. En este lugar, la falla se manifiesta por una importante zona cataclástica de más de 5 m de espesor, limitada por espejos de falla (no estriados) con dirección N165°E, buzando de 85° hacia el NE. La zona triturada está inyectada de venillas de cuarzo y de carbonatos de hierro, y da lugar a una importante cascada en el río.

4.3.3 Síntesis estructural de la Hoja Las Lisas

En el territorio de la Hoja Las Lisas, los levantamientos estructurales realizados, tanto a escala cartográfica, como a escala del afloramiento, dejan claro la existencia de al menos dos fases de deformación caracterizadas por :

- **Pliegues de dirección global E-O.** Estas estructuras son particularmente discretas en la Hoja Las Lisas, pero aparecen en el curso del análisis estereográfico de las zonas situadas al NE del pasillo de los accidentes definido por la “Falla de Cabeza de Toro” y la “Falla Chavón Cito”; ya sea en el “Horst de la Cordillera del Séptimo Cielo” o en el “Sinclinal de El Barrero” ;

- **Pliegues de dirección NO-SE (N150-155°E).** Estas estructuras, visibles tanto a nivel cartográfico como de afloramiento, están acompañadas localmente por una fuerte esquistosidad “plano axial” (Figura 32). La esquistosidad es subvertical y presenta, en el conjunto de la Hoja, una orientación muy constante. No se ha replegado y se liga a un episodio tardío de deformación ;
- **Fallas de dirección dominante NO-SE a NNO-SSE.** Según los datos regionales, se trata de estructuras de desgarre sinestro que indujeron los pliegues NO-SE en la cubierta sedimentaria.

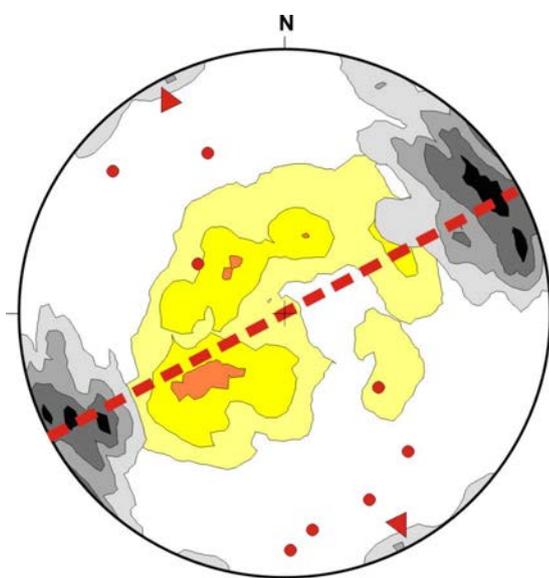


Figura 32 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de estratificación (color amarillo), de esquistosidad (color gris) y de los ejes de micropliegues (rojo) medidos en la Hoja Las Lisas (518 medidas de estratificación, 110 medidas de esquistosidad et 8 ejes de micropliegues). La esquistosidad es el plano axial de los pliegues de dirección N150-155°E.

Los pliegues E-O son anteriores a los pliegues NO-SE. Los pliegues NO-SE se localizan en una zona afectada por cizallas senestras y genéticamente unen el funcionamiento de los desgarres. Cartográficamente, los pliegues NO-SE muestran una orientación que varía de NNO-SSE a NO-SE. Estos pliegues podrían estar asociados al juego sinestro de los principales desgarres que cortan el territorio de la Hoja Las Lisas.

5 GEOMORFOLOGÍA

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 Las Lisas (6472), atendiendo a su geometría, tamaño y génesis; el depósito que acompaña a algunas de estas formas (formaciones superficiales) es tratado en el apartado correspondiente a la estratigrafía de los materiales cuaternarios.

5.1 ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

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 estructuración; y morfogenético, considerando las formas resultantes de la actuación de los procesos externos.

5.1.1 Estudio morfoestructural

El relieve de la zona está condicionado en gran medida por la naturaleza y la disposición de los materiales que la conforman. El sustrato volcano-sedimentario cretácico de la Cordillera ha sido afectado por la creación y desnivelación de bloques, habiendo condicionado el encajamiento rectilíneo de algunos tramos de la red fluvial y el desarrollo de capturas; igualmente, en el sector suroccidental muestra un acusado plegamiento, marcado por los contrastes litológicos. Por el contrario, en la Llanura Costera de Miches se ha desarrollado una extensa llanura tapizada por sedimentos cuaternarios de origen variado.

5.1.1.1 Formas estructurales

Aunque se encuentran diseminadas por todo el ámbito de la Hoja, es en el sector suroccidental donde alcanzan su máxima expresión y constituyen el condicionante fundamental de la morfoestructura, que no obstante se encuentra retocada por otros procesos morfogenéticos.

La densa red de fracturación tiene una clara expresión morfológica en el ámbito de la Cordillera y de su límite con la Llanura Costera de Miches, así como en la orientación y de diversas alineaciones menores y segmentos de la red fluvial. Las *fallas con expresión morfológica* se agrupan principalmente en torno a la familia de dirección NO-SE, que condiciona la orientación de las elevaciones menores y de los valles de la Cordillera, si bien existen representantes de cierta importancia de dirección E-O y NNO-SSO. Corresponden a fallas *normales* y *desgarres* cuya longitud puede superar 10 km. En ocasiones las fallas se encuentran bajo depósitos cuaternarios sin afectarlos o bien algún rasgo morfológico parece estar condicionado por una falla sin que se tenga la total certeza de su existencia, habiéndose representado en ambos casos como *fallas supuestas*.

Pese a la elevada velocidad con que la meteorización elimina o enmascara algunas formas, existen diversos rasgos que se interpretan en relación con la acción de fallas, entre ellos los *escarpes de falla*, frecuentemente *degradados*.

También han adquirido gran importancia las morfologías condicionadas por la distinta resistencia a la meteorización ofrecida por los materiales aflorantes, entre ellas los resaltes de *líneas de capa monoclinales* acompañados por *escarpes* de numerosos niveles de areniscas, radiolaritas y calizas intercalados en las formaciones Las Guayabas y Río Chavón, que también se presentan como *crestas* y *barras*.

Las formas producidas a favor de capas horizontales tienen su única representación en el sector del Batey Papagayo; son *superficies estructurales degradadas*, desarrolladas a favor de los niveles calcáreos de la Fm Los Haitises.

5.1.2 Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Cordillera Oriental y la Llanura Costera de Miches tiene como resultado una expresión sensiblemente diferente. Así, el modelado de la Cordillera es el producto de una larga evolución presidida por los procesos sedimentarios y tectónicos acaecidos a lo largo del periodo Cretácico Superior-Terciario, generadores de relieves positivos, sobre los que han actuado, con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o al modelado de dichos relieves, destacando los de carácter *fluvial*, *marino-litoral* y *poligénico*.

Por lo que respecta a la Llanura Costera de Miches, son los procesos *eólicos* y *marino-litorales* los condicionantes fundamentales de su aspecto actual.

Además de los anteriores, también han participado en mayor o menor medida en la construcción del relieve actual los procesos *lacustres*, *endorreicos* y de *meteorización química*.

5.1.2.1 Formas fluviales y de escorrentía superficial

Son las más ampliamente representadas, constituyendo una buena parte de la superficie de la Llanura Costera de Miches, así como de numerosos valles intramontañosos. Destaca la extensión de los distintos tipos de abanicos aluviales, ya que, pese a la envergadura de varios ríos de la zona, ninguno tiene una excesiva variedad de depósitos, pudiendo destacarse el valle del río Chavón, en lo que junto al fondo de valle se han reconocido depósitos correspondientes a terrazas.

Los *fondos de valle* son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual; en general, se trata de formas estrechas coincidentes con el canal de estiaje.

Mucha mayor representación tienen los *conos de deyección* y los *abanicos aluviales*, entre los que se han reconocido tres sistemas principales. Su depósito se produce en la confluencia de ríos y arroyos con valles de mayor entidad, en los cuales la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose; cuando los ápices se encuentran próximos entre sí, se produce coalescencia. Alcanzan longitudes de hasta 3 km con respecto al ápice, sensiblemente inferiores en cualquier caso a las de los abanicos de baja pendiente, que alcanzan hasta 5 km, como el del río Nisibón, probablemente como consecuencia de la menor densidad de carga en el caso de estos últimos.

El sistema más antiguo no aparece representado en el sector de la Hoja Las Lisas. El *sistema intermedio* engloba probablemente diversas generaciones imposibles de correlacionar debido a la desconexión de la mayoría de los aparatos, caracterizándose por mostrar un retoque erosivo que, aunque variable de unos cuerpos a otros, indica que ya no son funcionales; sus principales representantes se encuentran en los valles del río Llano y del río Chavón. Por su parte, *el sistema más moderno* agrupa los dispositivos

potencialmente funcionales, como se deduce de su mínimo retoque erosivo; sus ejemplares se encuentran ampliamente distribuidos.

En el sector septentrional adquieren un importante desarrollo los *abanicos aluviales de baja pendiente* que, partiendo al pie de la sierra, tapizan la llanura costera. Probablemente su génesis está relacionada con las últimas etapas de inestabilidad de la sierra, tras las cuales han sufrido una tendencia general de encajamiento.

Entre las formas erosivas se han reconocido: formas de *incisión lineal*, ampliamente representadas por toda la zona, especialmente en el dominio montañoso, donde son numerosas las *aristas*, que poseen una notable representación en la sierra; *divisorias montañosas*, destacando la que separa las vertientes atlántica y caribeña; *pérdidas de drenaje*, abundantes en buena parte de los cursos que alcanzan la llanura costera.

En ambas vertientes, predominan los cursos fluviales con comportamientos de tipo consecuente, discurriendo a favor de la máxima pendiente regional, si bien para ello se ven favorecidos en buena parte de sus tramos por la litología y la estructura; estos factores también provocan cambios bruscos en la orientación en los elementos de la red de drenaje, con comportamientos de tipo subsecuente. En general, la red posee una geometría de tipo dendrítico, aunque la influencia de la estructura hace que algunas zonas muestren tendencias rectangulares.

Como principales factores en la futura evolución de la red deben tenerse en cuenta: la influencia de las fallas relacionadas con la elevación general de la Cordillera, al menos desde el Plioceno; las posibles modificaciones eustáticas del nivel de base; el retroceso de las vertientes; la erosión remontante y las posibles capturas derivadas.

5.1.2.2 Formas lacustres y endorreicas

Se trata de lagunas y áreas pantanosas con una amplia representación en la llanura costera. Las *áreas pantanosas* o ciénagas aparecen en la llanura ocupando una franja prácticamente continua de E a O. En su interior destacan las *lagunas Redonda* y del *Limón*, cuyo eje mayor alcanza 4 km en el caso de la primera; probablemente su origen se deba, al menos en parte, al desarrollo de sendos cordones litorales.

5.1.2.3 Formas eólicas

Aparecen representadas exclusivamente por un *manto eólico*, con desarrollo local de dunas, desarrollado en la franja litoral septentrional; su principal manifestación se prolonga hacia el Oeste por la Hoja a escala 1:50 000 de Miches (6372-I), alcanzando una longitud cercana a 20 km. Se trata de una acumulación arenosa informe de varios kilómetros cuadrados, colonizada por cocos, probablemente derivada de un *cordón litoral degradado*.

5.1.2.4 Formas marinas-litorales

Sus principales manifestaciones se localizan en la Llanura Costera de Miches, donde se reconocen playas y un canal de marea. No obstante, la Cordillera esconde vestigios de una superficie de erosión, interpretada como una plataforma de abrasión degradada.

Las formas más extendidas del litoral son las *playas*, que se constituyen la práctica totalidad de la zona costera, siendo la más relevante la que se localiza entre Punta Gorda y Punta La Pasa de Limón, de más de 8 km de longitud; no obstante, se trata de playas estrechas, con una anchura de orden decamétrico e incluso inferior. Predomina el carácter de costa baja, principalmente arenosa. Su continuidad sólo se ve truncada por la desembocadura de diversos cursos fluviales y la presencia del *canal de marea* de La Boca de Celedonio, situado al Norte de la Laguna Redonda y que la une al océano Atlántico, con una longitud que sobrepasa los 500 m y una anchura de orden decamétrico. Durante las mareas bajas, la laguna puede quedar incomunicada.

Las *plataformas de abrasión* poseen una representación superficial poco relevante en la presente Hoja. La evolución paleogeográfica propuesta para la Cordillera Oriental durante el Plioceno, a modo de plataforma carbonatada en la que sólo emergerían algunas islas, a modo de archipiélago, hace muy probable la intervención marina en la formación de la superficie. Posteriormente, se han visto afectadas por procesos de argilización intensa. Probablemente, las crestas y aristas existentes en la mayor parte de la Cordillera, corresponden a los restos de una superficie de abrasión relacionada con la plataforma de La Herradura, localizada en la Hoja de El Seibo (6372); no obstante el carácter lineal de sus restos ha impedido su representación cartográfica, aunque los cortes efectuados, la ponen de manifiesto de forma clara.

5.1.2.5 Formas por meteorización química

Se ha desarrollado un *campo de lapiaces* sobre niveles calcáreos de la Fm Los Haitises, en la zona nororiental de la Hoja.

En cuanto a los procesos de meteorización química en rocas no carbonatadas, se encuentran extendidas las *argilizaciones*, cuyo resultado son las arcillas rojas de carácter laterítico típicas de la meteorización en ambientes tropicales; afecta a un amplio espectro de sustratos, como los materiales sedimentarios y volcano-sedimentarios cretácicos de la Fm Las Guayabas. Ocasionalmente puede afectar a algunos depósitos cuaternarios.

5.1.2.6 Formas poligénicas

Se incluyen en este grupo las formas cuya morfogénesis puede atribuirse a la acción simultánea o sucesiva de más de un proceso genético, habiéndose reconocido tan sólo cerros cónicos y picos principales. Los *picos principales* se encuentran casi en su totalidad a lo largo de la divisoria montañosa principal, destacando el de Loma del Aguacate, con 696 m de altitud. Por lo que respecta a los *cerros cónicos*, resultado de procesos de erosión selectiva, son escasos, concentrándose en cualquier caso en los sectores septentrional y meridional.

5.2 EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

Si bien la morfología de la zona está influenciada por los procesos acaecidos a lo largo de la historia de la Cordillera Oriental, su fisonomía actual empieza a perfilarse a comienzos del Cuaternario, cuando la Cordillera poseía una envergadura inferior a la actual, estando flanqueada al Norte y al Sur por las plataformas carbonatadas arrecifales que llegarían a convertirse en la región de Los Haitises y en la Llanura Costera del Caribe. En realidad, ambas plataformas se unirían hacia el Este, rodeando las estribaciones de la Cordillera Oriental, pero también hacia el Oeste, al Noreste de Bayaguana, por lo que esta Cordillera constituiría en realidad una isla.

Bajo esta configuración, la región asistiría al desarrollo de superficies de diversa índole. Por una parte, el depósito carbonatado de la plataforma dio lugar a una marcada superficie

estructural; por otra, en el ámbito litoral se generaría una superficie de erosión, "correlativa" con aquella, más difícil de identificar por la evolución seguida posteriormente.

Los complejos arrecifales migrarían paulatinamente hacia el Norte a medida que se producía el progresivo ascenso de la sierra, especialmente acusado en el caso de la superficie de La Herradura, en la vecina Hoja de El Seibo, pese a que resulta difícil determinar si corresponde a una de las superficies correlativas citadas o si corresponde a la erosión previa de un macizo emergido. En el ámbito de la sierra, la red de drenaje esbozaría su geometría general, basada en cursos de pequeña longitud y carácter consecuente que incrementarían su poder incisivo al ascender con respecto al nivel de base, desmantelando rápidamente la superficie de La Herradura en el ámbito de la Hoja. Posiblemente, con anterioridad a la jerarquización de la red ya habría dado comienzo un activo desarrollo de lateritizaciones y arenizaciones.

En un momento impreciso, probablemente cercano al límite Pleistoceno-Holoceno, una reactivación de la zona montañosa de origen tectónico, desencadenaría el desarrollo de extensos sistemas aluviales de baja pendiente que tapizarían las llanuras costeras y que configurarían la superficie de la que arrancarían la incisión actual. A partir de este momento, la evolución general del relieve ha estado presidida por el comportamiento de la red de drenaje, con fuertes encajamientos en la zona montañosa, pero moderados en la llanura por su pequeño desnivel con respecto al mar; de forma mucho más localizada, no debe olvidarse la influencia que ha tenido la actividad neotectónica, al menos desde la elaboración de la superficie de La Herradura. En la Cordillera, el encajamiento ha sido simultáneo con la continuación de la argilización de los materiales volcánico-sedimentarios y sedimentarios, así como con el retroceso de las vertientes y, por último, con cambios de orientación de la red por adaptación a fracturas y contrastes litológicos.

Como resultado del proceso de encajamiento en la zona montañosa, se ha producido una notable erosión remontante desde las dos vertientes, a diferencia de la planicie, donde la incisión ha sido moderada.

Como principales motores en la futura evolución de la red, deben tenerse en cuenta: la influencia de las fallas relacionadas con la elevación general de las sierras, al menos desde el Plioceno; las posibles modificaciones del nivel de base; la tendencia a la colmatación de las lagunas costeras; la erosión remontante y las posibles capturas derivadas de ella; los

retoques producidos en las zonas montañosas por los fenómenos kársticos; y el retroceso de la actividad gravitacional de las vertientes.

6 HISTORIA GEOLÓGICA

Las rocas de la Cordillera Oriental Dominicana registran 130 Ma de evolución de las Grandes Antillas, desde su inicio como un arco de islas intraoceánico hasta la colisión oblicua con la placa de Norteamérica y traslación a lo largo de fallas transformantes paralelas al límite de placas (Figura 33).

Sobre la corteza de la placa del Caribe, posiblemente engrosada en algunas áreas como una meseta o un monte oceánico (Escuder Viruete J. *et al.*, 2002) y que pudiera corresponder o no al Complejo Duarte más la peridotita, se desarrolló en el Cretácico Inferior un arco de islas primitivo de composición bimodal y afinidad toleítica representado en la zona de estudio por la Fm Los Ranchos y sus equivalentes deformados, los Esquistos de Maimón y la Fm Peralvillo Norte. La reconstrucción basada en la Fm Los Ranchos indica que en un estadio inicial se acumularon lavas en aguas profundas, y posteriormente lavas y volcanoclásticos en aguas someras afectadas por un metamorfismo de bajo grado debido a la convección hidrotermal del agua marina (Kesler S.E. *et al.*, 1991). En algún momento del Neocomiano el edificio volcánico había alcanzado el nivel del mar y su destrucción en los taludes costeros aportó una proporción de sedimentos con restos de plantas que fueron posteriormente impregnados de depósitos epitermales de oro y plata en el área de Pueblo Viejo. La vegetación transportada sugiere un clima cálido, estacionalmente seco (Smiley C.J., 1982 cita en Caribbean Geology into the third Millenium). Con el cese progresivo del volcanismo se intruyen numerosos stocks de tonalitas de la misma afinidad toleítica y los relieves emergidos terminaron arrasados en una plataforma, sobre la que se depositaron en ligera discordancia angular calizas arrecifales de la Formación de Hatillo (Bourdon L., 1985).

Hacia el final del Albiano, la plataforma de carbonatos de Hatillo que se había mantenido con una subsidencia estable, quedó enterrada hacia el final del Albiano bajo rocas volcanoclásticas de la Formación Las Guayabas. Este evento se relaciona con el desarrollo de un segundo arco volcánico de naturaleza calcoalcalina, relacionado con la subducción de la placa Norteamericana hacia el Sur, que aporta detritos a una cuenca de ante-arco superpuesta al arco inicial. La Formación Las Guayabas se depositó por corrientes de turbidez en un mar profundo, sobre un talud tectónicamente inestable.

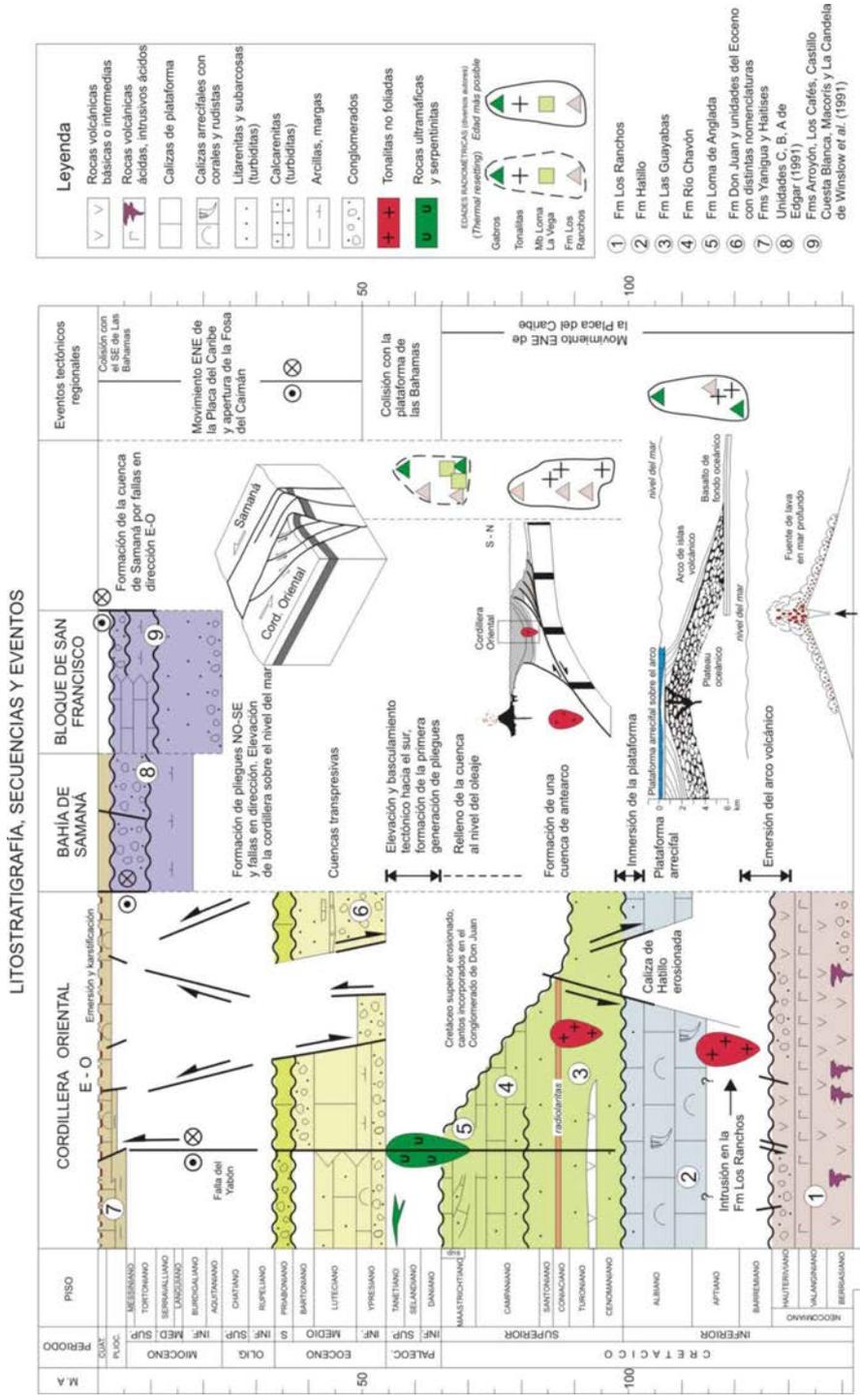


Figura 33 : Diagrama cronostratigráfico que muestra la litología, secuencias deposicionales y los eventos tectónicos registrados en los sedimentos de la Cordillera Oriental. Los datos de la Bahía de Samaná son de Edgar (1991) y los datos del Bloque de San Francisco de Winslow et al. (1991). Las edades radiométricas se han tomado de Bourdon (1985); Kesler et al., 1991; Bellon et al., 1985).

Una gruesa intercalación de rocas volcánicas básicas a intermedias en su tramo inferior (Mb Loma La Vega), indica la proximidad del magmatismo del arco. El aporte de detríticos quedó interrumpido en algún momento del Coniaciano Superior-Santoniano, sedimentándose un extenso nivel de radiolaritas. Este nivel marca un punto de inflexión en el tipo de los aportes, con disminución de los detríticos de área fuente volcánica y aumento de los detríticos de área fuente calcárea, que serán dominantes en el Campaniano-Maastrichtiano.

La tasa de subsidencia que mantenía en aguas profundas la zona interna sur de la cuenca de ante-arco fue compensada y sobrepasada por la agradación de sedimento en el Maastrichtiano, formándose un área marina somera con barras arenosas y zonas protegidas con parches de rudistas (Fm Loma de Anglada). De una forma extrínseca a la dinámica de la cuenca, la extinción del límite K/T causó el relevo de numerosas microfaunas y terminó con los rudistas, dejando a los corales y algas melobesias como los principales bioconstructores de las plataformas de carbonatos.

El segmento de cuenca de ante-arco contenido en la Cordillera Oriental fue elevado, plegado y basculado hacia el Sur en el Paleoceno, como parte del proceso diacrónico de colisión de las Antillas Mayores con el margen sur de la placa de Norteamérica en el Paleoceno-Eoceno (Pindell J.L. y Barret S.F., 1990 ; Dolan J.F. *et al.*, 1991). Paralelamente al bloqueo progresivo de la subducción cesó también la actividad ígnea. Las últimas intrusiones de tonalitas, dioritas y granodioritas de afinidad calcoalcalina datan del Eoceno

Tras la colisión y hasta la actualidad, la traslación de las placas cambió de oblicua a subparalela, a lo largo de la superficie inclinada al Sur que limita las placas y a lo largo de fallas transformantes como prueban los sismos actuales, con cambios de curvatura, que según su orientación respecto al vector de movimiento de la placa del Caribe, producen simultáneamente extensión en la cuenca trastensiva del Caimán (iniciada en el Eoceno Inferior según Rosencrantz E. *et al.*, 1988), transpresión en el Sur de Cuba y en La Española (referida ésta última como "colisión oblicua"), y subducción oceánica en las Pequeñas Antillas (Mann P. *et al.*, 2001). Como consecuencia, sobre el basamento cretácico arrasado de la Cordillera Oriental se formaron cuencas transpresivas separadas por fallas en dirección NO-SE. Los primeros depósitos son conglomerados aluviales (Fm Don Juan) provenientes de los relieves adyacentes a las depresiones. El tipo de sedimento y la batimetría varían de una cuenca a otra, pero en general la evolución es transgresiva a

medida que las cuencas se ampliaban y áreas más extensas subsidían. En el Eoceno Superior existen taludes con resedimentación de depósitos en masa y turbiditas de área fuente volcánica y metamórfica.

La reconstrucción paleogeográfica de las cuencas eocenas está oscurecida por la erosión posterior durante el Oligoceno-Mioceno. Posiblemente la continuidad del proceso de acortamiento por transpresión, o tal vez un cambio del estado de esfuerzos, elevaron el área sobre el nivel del mar, al tiempo que la Bahía de Samaná iniciaba la subsidencia controlada por fallas transcurrentes E-O. En el Mioceno la evolución de la zona de cizalla había alcanzado ya el estadio avanzado que hoy observamos, con pliegues NO-SE subparalelos a las fallas en dirección y fallas de Riedel que deforman los pliegues.

En estas condiciones ocurrió la transgresión de la plataforma arrecifal de Los Haitises a inicios del Plioceno, conectando el mar las actuales costa norte y la costa sur de la región oriental de La Española. Sólo los relieves tectónicos más elevados de la Cordillera sobresalían como islas. El crecimiento de los corales fue influenciado por las variaciones del nivel eustático y la tectónica transpresiva, que en última instancia forzó la regresión que elevó la plataforma como un karst subtropical a alturas superiores a 300 metros. Donde la disolución y erosión mecánica han desmantelado el arrecife, aparecieron extensas superficies de erosión sometidas a procesos de argilitización, como la existente al Sur de Miches, que en la actualidad está siendo incidida por la red fluvial.

7 GEOLOGÍA ECONÓMICA

7.1 HIDROGEOLOGÍA

7.1.1 Datos climáticos

No se dispone de datos climáticos específicos en la zona de Las Lisas. Sin embargo, las condiciones climáticas son comparables a las registradas en Sabana de la Mar (Figura 34). La pluviometría media anual sería de 2100 mm/año, con un periodo muy lluvioso de Mayo a Noviembre. La temperatura media alcanza los 30°C de día, y los 20°C en la noche, con variaciones medias mensuales comprendidas entre 24°C y 27°C. La región se beneficia de un clima tropical templado por los alisios, con una pluviometría superior a la media nacional, por la proximidad del mar y de relieves con tendencia a atraer y retener las nubes.

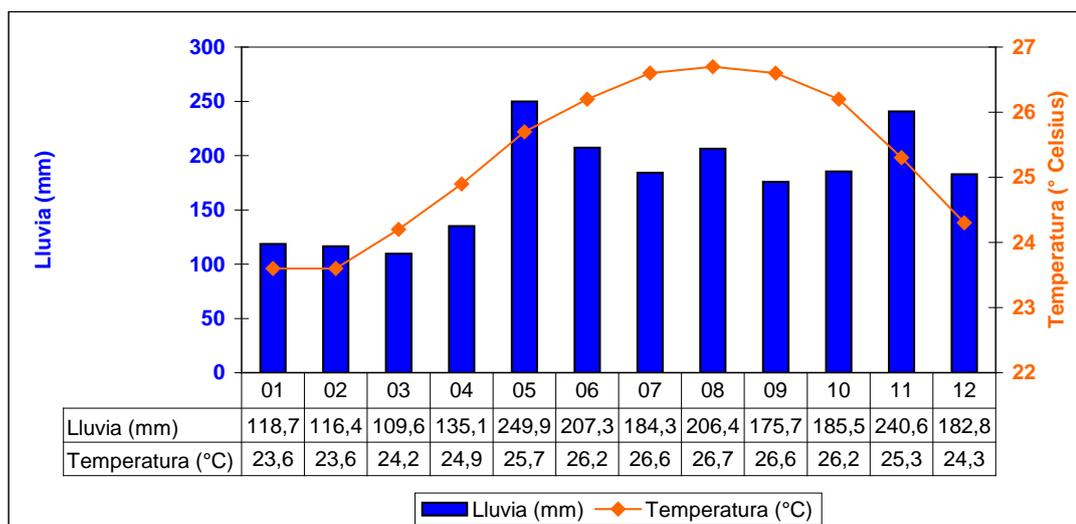


Figura 34 : Variaciones mensuales de la pluviometría y de las temperaturas en Sabana de la Mar. Estadísticas establecidas a partir de los datos recogidos entre 1951 y 1988. (de <http://www.theweathernetwork.com>).

7.1.2 Red hidrográfica

El territorio de la Hoja Las Lisas es atravesado desde el centro-oeste hacia el Sudeste por una línea divisoria de aguas, que pasa por las cumbres del Cuarón (646 m), Loma El Aguacate (696 m) y Loma El Séptimo Cielo (635 m).

En el Norte y el Este, la zona costera es drenada por los ríos de régimen torrencial : Cuarón, Cedro, Cabeza de Toro, Las Lisas, Nisibón, Maimón, Guayabo y Llano. El contenido de estos ríos alimenta de agua dulce las lagunas que jalonan la costa oceánica : Laguna Redonda, Laguna del Limón y Bahía de Maimón (Hoja La Vacama). La Laguna Redonda tiene 7 km² de superficie y más de 10 km² de humedales asociados y está bordeada por densas agrupaciones de mangles. La Laguna Limón tiene 5,1 km² de superficie y, aunque sólo se encuentra a unos 6 kilómetros de distancia de la Laguna Redonda, no tiene manglares ni vegetación superior a su alrededor, subrayando claras diferencias físicas y de aspectos bióticos. Ambas lagunas tienen una profundidad media de 1,43 m. La Laguna Redonda contiene agua salobre, por su comunicación temporal con el mar a través del Caño Celedonio o Boca de Celedonio. El agua de la Laguna Limón es dulce.

Al Suroeste y al Sur, la “cordillera” es el origen de numerosos torrentes y ríos, que más al Sur, van a drenar la Llanura Costera del Caribe, antes de desembocar en el Mar Caribe : ríos Huma, Coamo, Soco, Janabo, Quisibani, Chavóncito y Chavón.

No se dispone, desgraciadamente, de ningún dato hidrológico específico de estos ríos. Los mismos presentan un régimen torrencial a causa de los relieves vigorosos en los cuales nacen, y por las violentas precipitaciones de la región. Se puede asegurar, que la cantidad de agua de superficie que tiene origen y transita sobre el territorio de la Hoja Las Lisas, es muy importante. Es un agua de buena calidad pues la zona está poco poblada ; asegura una gran y suficiente reserva para el suministro de agua potable a la población local. De todas formas se debe poner atención a los posibles contaminantes :

- herbicidas y pesticidas utilizados por los terratenientes para el mantenimiento de los prados y potreros ;
- el mercurio que sin duda utilizan los buscadores de oro ocasionales, desde tiempos remotos.

7.1.3 Principales puntos de abastecimiento

Durante la cartografía geológica, se llevó a cabo un inventario de los principales puntos de abastecimiento encontrados en el territorio de la Hoja de Las Lisas. Las características

principales de estos puntos de agua se reseñan en la Tabla 3. Su localización se precisa en la Figura 35.

Localidad	N°	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD 27		Tipo	Profundidad (en pies)
		Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)		
Sabana de Nisibon	1	18,94573	-68,80595	520 431	2 094 709	Estación de bombeo	
Arroyo Grande	2	18,87125	-68,98723	501 346	2 086 457	Estación de bombeo	
La Mina - Los Icacos	3	18,96575	-68,91838	508 592	2 096 914	Estación de bombeo	
El Cedro	4	18,95873	-68,88629	511 971	2 096 139	Estación de bombeo	
Guaco	5	18,96191	-68,87925	512 712	2 096 492	Estación de bombeo	
Arroyo Grande	6	18,86070	-68,98809	501 254	2 085 289	Estación de tratamiento	
El Cedro	7	18,95801	-68,87380	513 286	2 096 060	Estación de tratamiento	
Arroyo Grande	8	18,85574	-68,98713	501 356	2 084 740	Malacate	80
Arroyo Grande	9	18,85272	-68,98677	501 394	2 084 406	Malacate	?
Arroyo Grande	10	18,84979	-68,98755	501 311	2 084 082	Malacate	15
Arroyo Grande	11	18,84367	-68,98945	501 111	2 083 405	Malacate	50
El Barrero	12	18,91213	-68,77427	523 771	2 090 995	Malacate	70
Los Higos	13	18,99703	-68,92077	508 339	2 100 375	Sondeo	60
Los Yagrumos	14	18,95268	-68,88708	511 888	2 095 469	Sondeo	100
Finca La Esperanza	15	18,96303	-68,79530	521 550	2 096 624	Sondeo	100
El Barrero	16	18,91084	-68,77595	523 594	2 090 851	Sondeo	70

Tabla 3 : Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de Las Lisas. Los números permiten su correlación con la Figura 35.

Para cada punto se menciona :

- su denominación más corriente ;
- sus coordenadas, en latitud y longitud, así como en UTM, de acuerdo con el sistema de la Hoja topográfica regular de 1/50 000 ;
- su tipo, distinguiendo si se trata de una estación de bombeo, de un sondeo, de una bomba manual (o malacate), de un pozo o de un recurso natural ;
- su profundidad, cuando se trata de un sondeo, de una bomba manual o de un pozo.

La información concerniente a este último punto se obtuviera de la población local que, generalmente, tiene en memoria las características de los puntos de abastecimiento que utiliza cotidianamente.

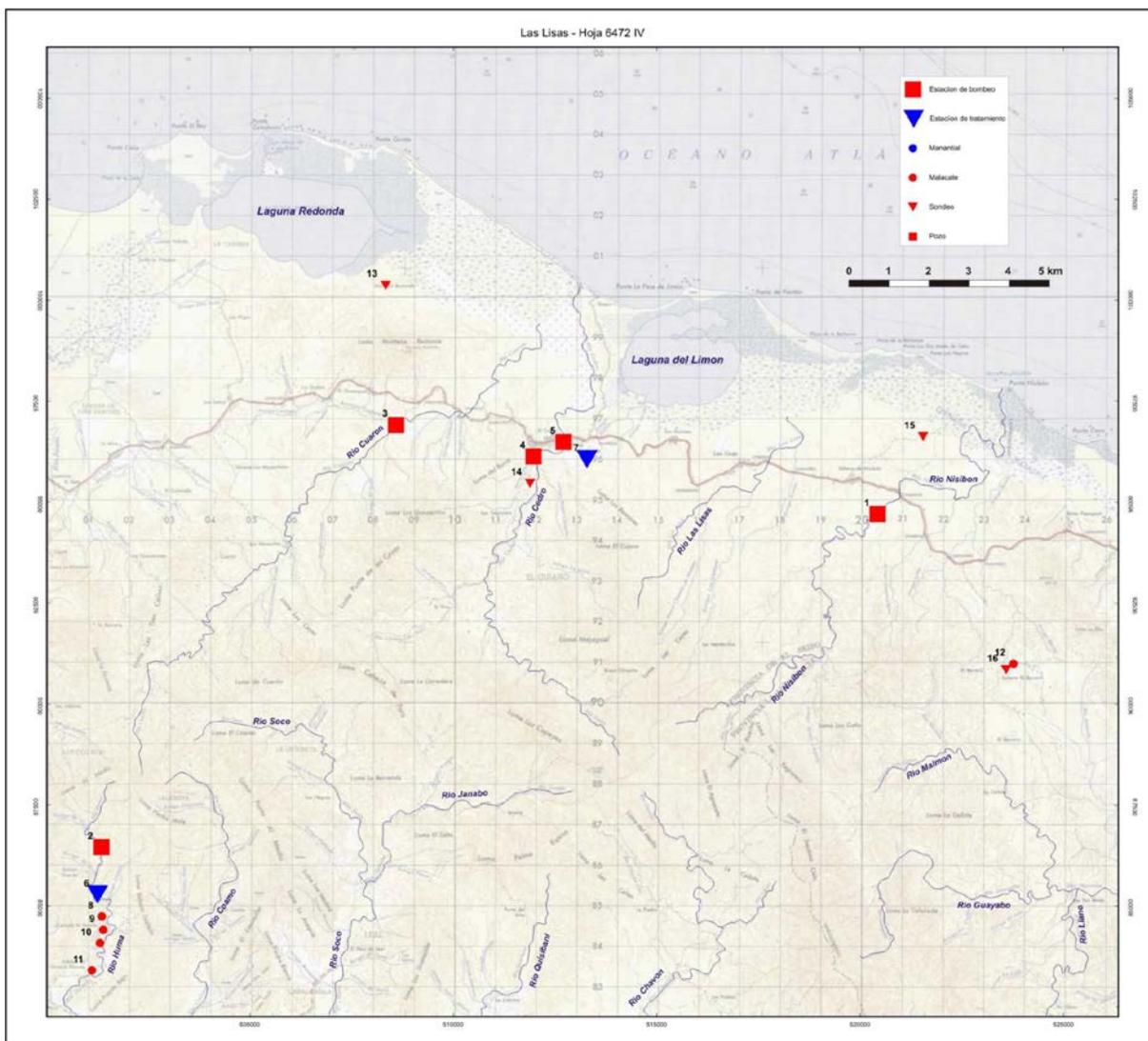


Figura 35 : Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de Las Lisas. Los números permiten su correlación con la Tabla 3.

El agua potable de las principales aldeas está asegurada por las presas de superficie. El agua se distribuye a la población local con o sin tratamiento previo. Ciertas granjas de la zona costera, utilizan el agua de la capa freática superficial captada por perforaciones, para alimentar a su ganado. Esta agua es ligeramente salada.

7.1.4 Naturaleza e interés de los principales acuíferos

El siguiente texto es complemento del esquema hidrogeológico a escala de 1/200 000, presentado en la Hoja geológica de Las Lisas.

La Fm Las Guayabas está constituida principalmente por grauvacas y areniscas asociadas a siltitas y arcillas. Estos terrenos, más bien impermeables, no son aptos para constituir un acuífero. Tienen interés sólo cuando la fracturación es bastante importante para conferir a la roca una cierta porosidad. En estas condiciones, y localmente, la Fm Las Guayabas puede constituir un acuífero discontinuo de tipo fisural.

Debe hacerse una mención particular a propósito del nivel guía de radiolarios (Mb Arroyo La Yabana). Este nivel, con potencia de alrededor de 200 m, no presenta en sí mismo ningún interés en el plano hidrogeológico. Por el contrario, se trata de un nivel competente, duro, muy sensible a la fracturación que, por otra parte, se inserta en un conjunto con predominancia pelítica. Por estas dos razones, es posible que pueda hacer las veces de desagüe, naturalmente más sensible a la fracturación, de las aguas subterráneas.

Se puede pensar que los horizontes de microbrechas y de areniscas gruesas (Mb Hato Mayor) tienen un comportamiento similar y pueden, igualmente, constituir acuíferos discontinuos de tipo medio fisural.

Las margo-calizas de la Fm Río Chavón, están intercaladas con siltitas y con lutitas y, a diferencia de sus equivalentes de la Hoja El Seibo, no están karstificadas. Aunque indudablemente forman acuífero queda por demostrar su importancia.

En el ángulo NE de la Hoja, las calizas arcillosas y las margas de la cobertera plio-pleistoceno tienen extensión y espesor muy limitados y no ofrecen posibilidades de almacenamiento.

Los recubrimientos y los aluviones cuaternarios se reducen a capas de poco espesor, repartidos principalmente en la zona costera. Los recubrimientos menos arcillosos pueden generar acuíferos muy reducidos, pero que permanecen sensibles a las influencias marinas y, por lo tanto, a la presencia de sal.

7.2 RECURSOS MINERALES

7.2.1 Yacimientos e indicios minerales

Las características principales de los indicios observados o descubiertos en el territorio de la Hoja Las Lisas, durante el levantamiento cartográfico, están agrupadas en la Tabla 4.

Localidad	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD 27		Sustancia	Edad - Formacion	Litología
	Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)			
Los Mosquitos	18,93299	-68,95017	505 247	2 093 288	Au	Cuaternario	Gravas, arenas y arcillas
Arroyo Naranja	18,89161	-68,93116	507 250	2 088 711	Au	Cuaternario	Gravas, arenas y arcillas
Arroyo Naranja	18,89431	-68,93041	507 329	2 089 009	Au	Cuaternario	Gravas, arenas y arcillas
Arroyo Naranja	18,90217	-68,92912	507 465	2 089 879	Au	Cuaternario	Gravas, arenas y arcillas
Rio Chavon Cito	18,86217	-68,86136	514 604	2 085 457	Au	Cuaternario	Gravas, arenas y arcillas
Rio Chavon Cito	18,86439	-68,86197	514 539	2 085 703	Au	Cuaternario	Gravas, arenas y arcillas
Arroyo Claro	18,95388	-68,98504	501 575	2 095 577	Au	Cuaternario	Gravas, arenas y arcillas
Arroyo Colorado	18,95486	-68,98020	502 084	2 095 708	Au	Cuaternario	Gravas, arenas y arcillas
Arroyo de las Anamas	18,95250	-68,92933	507 440	2 095 448	Au	Cuaternario	Gravas, arenas y arcillas
Loma de Cuaron	18,89326	-68,97831	502 284	2 088 891	Cu	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Arenicas y lutitas
El Paso de Leal	18,84467	-68,92005	508 422	2 083 518	Cu	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Lutitas negras
Janabo	18,87965	-68,90091	510 436	2 087 389	Pyr	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Areniscas gruesas
Rio Guayabo	18,86415	-68,80469	520 573	2 085 683	Pyr	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Brechas y areniscas gruesas
Rio Guayabo	18,85296	-68,80391	520 657	2 084 445	Pyr	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Brechas de falla

Tabla 4 : Características de los indicios vistos en la Hoja de Las Lisas.

7.2.1.1 Metales preciosos

En esta región, la tradición de buscar oro, remonta a la época de los "conquistadores" españoles. Los documentos más antiguos indican que se producían toneladas del metal a lo largo de la franja costera, entre Miches y Las Lisas. En la década de los años 1940-50, bajo el régimen de Trujillo, se realizaron varias tentativas de explotación semi-industrial de oro. Zoppis R. (1947) reportaba producciones mensuales de 15 kg de oro en pepitas cerca de Miches. Precisaba que los buscadores se centraban en el contacto entre los coluviones y el sustrato y que hacían pozos de 2, 5, y hasta 16 m de profundidad para explotar un lecho de 10-15 cm de la interfase entre estas dos formaciones. Más recientemente, en la década de los años 80, se realizó un programa de exploración por la Organización de Estados

Americanos y el Servicio Geológico Nacional (Proyecto SGN – OEA, Cordillera Oriental), que confirmó la existencia de oro en los recubrimientos cuaternarios de la región, sin explicar sin embargo su origen.

Entre los años 1997-2000, el proyecto C de Cartografía Geotemática (Espy J.A., 2000), realizó un estudio de la minería artesanal de oro aluvionar en la Cordillera Oriental. Se evaluaba el potencial económico de este recurso, así como se fijaban las acciones a seguir par vitalizar, en la medida de lo posible, la minería del oro aluvionar de esta zona.

En la actualidad, el oro es explotado ocasionalmente en los ríos que desaguan en el flanco sudoeste del anticlinorio de la “cordillera”, allí donde las brechas turbidíticas gruesas del núcleo de la estructura cabalgan las facies más finas del techo de la Fm Las Guayabas. Este es el caso de los arroyos Claro y Colorado, cerca de La Mina ; del arroyo Naranja y del río Soco, al pie de la Loma Cabeza de Toro; de los ríos Janabo y Chavóncito, al pie de la Loma del Medio. Es muy curioso que ningún lavadero de oro esté señalado en el flanco este del anticlinorio, a nivel de las cabeceras de los ríos Las Lisas, Nisibón, Maimón o Guayabo. La repartición del oro aluvionar no parece arbitrario, sin duda existen controles litológicos y estructurales, que, en su naturaleza y origen, han de ser precisados y demostrados.

En el curso del trabajo se realizaron algunas bateas en el arroyo de Las Auyamas, pequeño afluente del río Cuarón, que desagua en el costado norte de la Loma Los Guazaritos. El estudio mineralógico del concentrado muestra que el oro está presente en cantidades muy significativas, bajo dos modos principales :

- en granos rodados donde el oro está solo,
- en granos angulosos y en pepitas detríticas, donde el oro se asocia con la plata.

El segundo modo muestra que existe una fuente primaria, próxima al lugar del levantamiento, de oro aluvionario caracterizado por el primer modo. La abundancia de granos de cromita no alterada, asociados al oro, indica la presencia de rocas ultrabásicas, cerca del lugar del desmuestre.

7.2.1.2 Otros indicios

Se han observado algunos carbonatados de cobre cerca de la cabecera del río Cuarón donde varios bloques y gravas tomadas en el río tienen mineralizaciones de malaquita.

Cerca del Paso de Leal, al Sur de la Hoja, los habitantes han señalado la presencia de cobre « nativo » (¿?) en el lecho del arroyo El Gorro. La zona fue objeto de una prospección geofísica en la década de los años 60. No se ha advertido nada que pueda confirmar la validez de este indicio, solo la presencia de cherts de radiolarios del Mb Arroyo La Yabana, ricos en materias orgánicas y en pirita diseminada de origen sedimentario.

El indicio de Janabo corresponde a una brecha turbidítica gruesa, silicificada e impregnada de pirita y de posible arsenopirita.

Los indicios del río Guayabo corresponden igualmente a impregnaciones de pirita :

- en la matriz de una brecha turbidítica gruesa ;
- a nivel de una brecha tectónica, en relación con la falla de Nisibón, asociada con un stockwork de venitas de cuarzo y de carbonatos de hierro.

7.2.2 **Canteras de materiales**

La Tabla 5 agrupa los datos relativos a las canteras, activas, intermitentes o abandonadas, medidas durante los trabajos de campo. Su localización se precisa en la Figura 36.

Para caracterizar la importancia, se definieron tres clases, de forma más o menos subjetiva :

- « 0 », importancia nula ;
- « 1 », cantera de mediana importancia, donde la explotación es intermitente ;
- « 2 », cantera más importante, donde la explotación requiere de maquinaria pesada de obra y, algunas veces, de explosivos.

Las canteras medidas en el territorio de la Hoja Las Lisas son todas de tamaño pequeño o modesto y tienen por objetivo la explotación ocasional de materiales rocosos para la compactación y el mantenimiento de las carreteras.

Localidad	Nº	Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM - NAD 27		Sustancia	Estatuto	Imp.	Edad - Formación	Litología
		Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)					
Los Uraños	1	18,96887	-68,95121	505 136	2 097 236	Aridos de machaqueos	Intermitente	1	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Radiolaritas alteradas
El Guaraguao	2	18,97296	-68,92125	508 290	2 097 712	Aridos de machaqueos	Intermitente	1	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Areniscas y lutitas
La Esperanza	3	18,96345	-68,79271	521 822	2 096 670	Aridos de machaqueos	Inactiva	1	Plio-Pleistoceno - Fm. Yanigua	Calizas margosas
El Berrero	4	18,93578	-68,78206	522 947	2 093 610	Aridos de machaqueos	Intermitente	1	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Lutitas y margas
El Berrero	5	18,93545	-68,78033	523 130	2 093 575	Aridos de machaqueos	Inactiva	1	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Areniscas y lutitas
Sabana de Nisibon	6	18,96783	-68,80271	520 769	2 097 154	Aridos de machaqueos	Inactiva	1	Plio-Pleistoceno - Fm. Yanigua	Calizas margosas
Montana Redonda	7	18,98569	-68,93370	506 979	2 099 120	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Areniscas y lutitas
Montana Redonda	8	18,98117	-68,89335	511 227	2 098 621	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Areniscas gruesas
El Cedro	9	18,96894	-68,90380	510 127	2 097 267	Aridos de machaqueos	Inactiva	0	Cuatemario	Gravas y arenas aluviales
Los Yagumos	10	18,94384	-68,89333	511 231	2 094 492	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Areniscas y lutitas
El Guaraguao	11	18,96470	-68,91711	508 726	2 096 798	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Areniscas y lutitas
Laguna del Limon	12	18,98910	-68,87195	513 479	2 099 501	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Lutitas
El Cedro	13	18,96714	-68,89733	510 808	2 097 069	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Lutitas

Tabla 5 : Características de las canteras de la Hoja de Las Lisas. Los números permiten su correlación con la Figura 36.

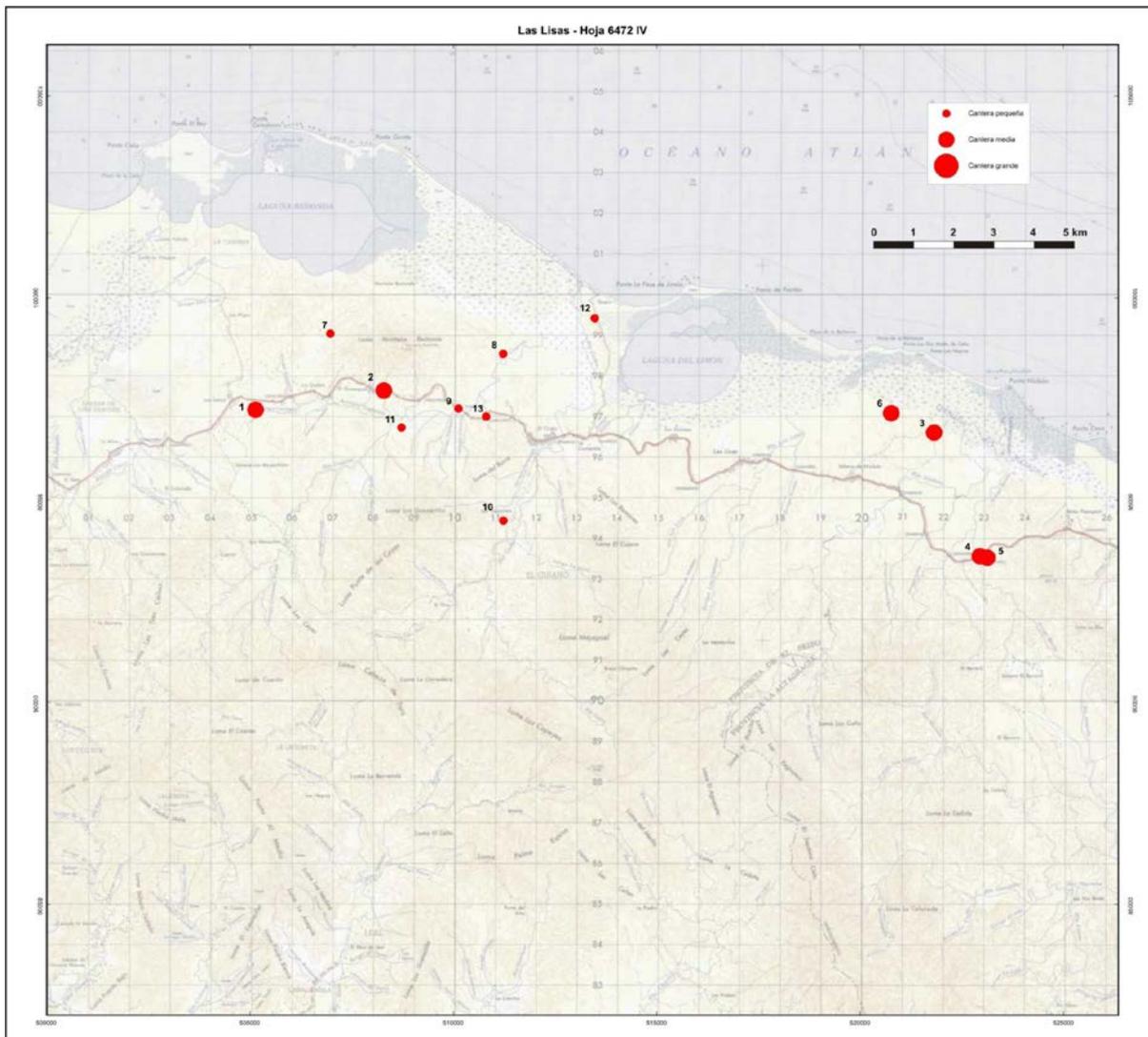


Figura 36 : Localización y importancia de los principales canteras de la Hoja de Las Lisas. Los números permiten su correlación con la Tabla 5.

8 LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO

8.1 L.I.G. N° 1 : AFLORAMIENTO TIPO DEL MB EL CUJANO (FM LAS GUAYABAS - CRETÁCICO SUPERIOR)

8.1.1 Croquis de situación

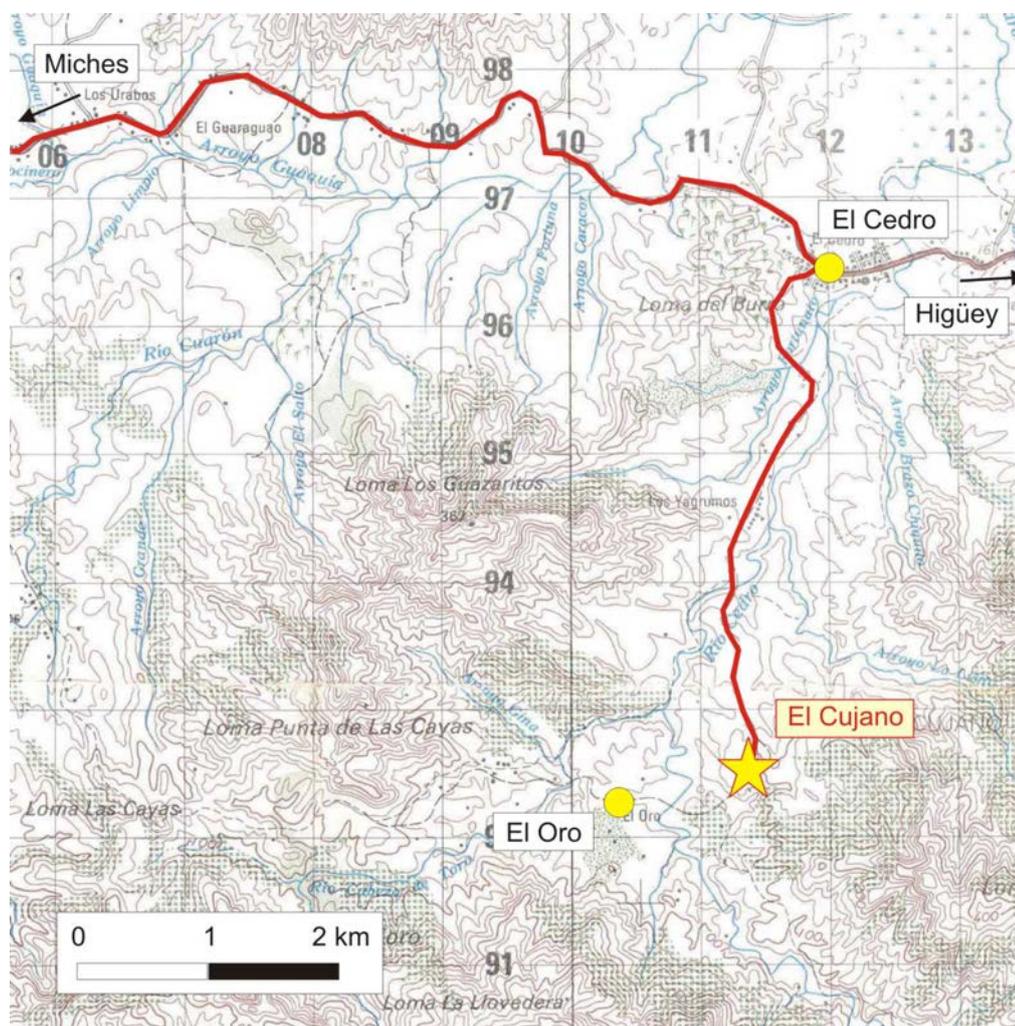


Figura 37 : Croquis de situación del LIG 1 : conglomerado de El Cujano.

8.1.2 Contenido - Motivación

Afloramiento sobre el cual Bourdon L. (1985) definió el **Mb El Cujano** : conglomerado de tipo “*debris flow*”, con cantos rodados de naturaleza básica y ultrabásica, en una matriz de

grauvaca esquistosada, y, en parte, alterada en productos de serpentinas. En las lutitas del entorno se destaca la presencia de pliegues métricos sinesquistosos. El conjunto está muy deformado y cortado por diques decimétricos de metabasalto.

8.1.3 Acceso

Su acceso es fácil, viniendo de Miches por la carretera nacional 104, en dirección a Higüey. A la entrada de la aldea de El Cedro, doblar a la derecha a nivel de la clínica rural y tomar un camino bien empedrado en dirección al río Cedro y al pueblo de El Oro. Atravesar el río El Cedro por el vado y luego continuar recto. A sólo unos cientos de metros del vado, el camino se vuelve de muy difícil acceso. Dejar el vehículo cerca de una barrera, en el medio de una zona cubierta de guayabas salvajes. Continuar a pie por el mismo camino alrededor de 300 m. Se cortan varias "recurrencias" de conglomerados; la más espectacular está situada cerca de la cima de la colina, en los taludes que bordean el camino.

8.1.4 Observaciones y comentarios

El conglomerado del Mb El Cujano está compuesto por cantos rodados bien redondeados y su naturaleza es básica a ultrabásica. Se han reconocido cantos de lavas básicas con feldespatos alterados y anfíbol automorfo, cantos de doleritas, de gabro con piroxeno, fragmentos de piroxenolita, etc. El cemento está compuesto por una arenita gruesa muy alterada, serpentinizada y esquistosada. Los extraclastos son de naturaleza volcánica y sedimentaria, con fragmentos de arcilla, de lava, escamas de muscovita, cristales de magnetita, de augita y de clorita. No ha sido observada biofase alguna.

Este conglomerado, presenta cantos rodados dispersos en una matriz de grauvaca, que corresponde a un depósito de tipo "*debris flow*", depositado bajo el efecto de una corriente gravitatoria turbidítica, en un medio submarino de pie de talud.

Un poco antes de llegar a los primeros afloramientos de conglomerados, las lutitas están profundamente deformadas por una esquistosidad en plano axial de pliegues de escala métrica, ejes N110-N130°E, con buzamientos de 50 a 60° hacia el NO y el SE, relacionados, sin dudas, con movimientos de desgarre.

Después de los afloramientos de conglomerados, es aconsejable continuar a pie cerca de 1 km, puesto que permite revisar varias “escamas” tectónicas limitadas por fallas N105°E a N140°E, en las cuales se conservan conglomerados poligénicos muy deformados, de matriz esquistosada, cortados por diques centimétricos a decimétricos de “dolerita-diabasa” o metabasalto.

8.1.5 Reseña bibliográfica

BOURDON L. (1985) – La Cordillère Orientale dominicaine (Hispaniola, Grandes Antilles) : un arc insulaire créacé polystructuré. Thèse 3ème cycle de l’Université P. et M. Curie, Paris, 203 p., 2 pl. h. t.

8.1.6 Fotos



Foto 1 : Afl. JM-9527, LIG 1. Conglomerado de cantos rodados poligénicos en matriz de grauvaca deformada.

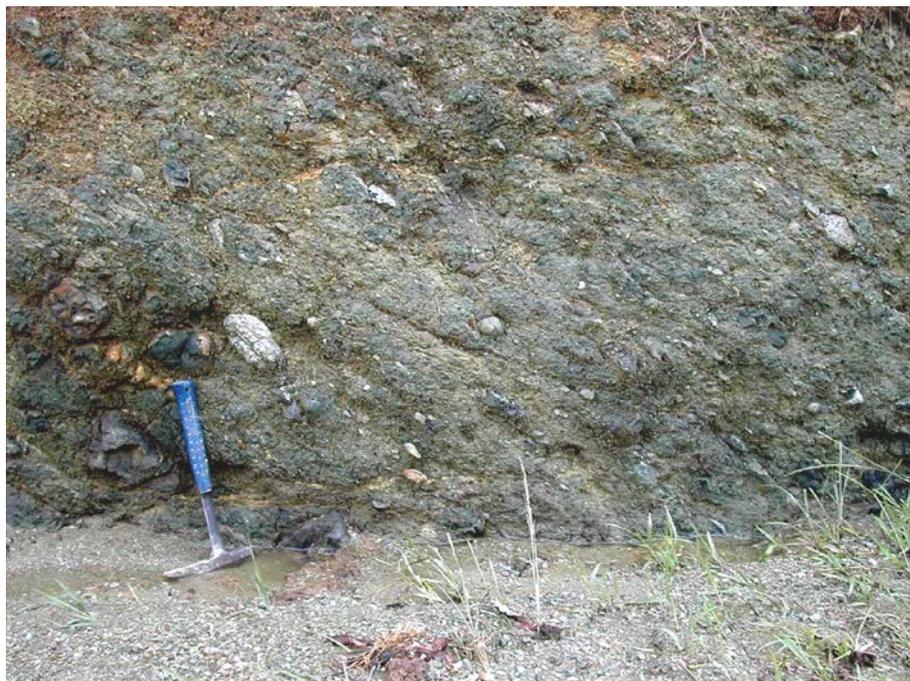


Foto 2 : Afl. JM-9528, LIG 1. Otro ejemplo de conglomerado poligénico con matriz deformada.



Foto 3 : Afl. JM-9528, LIG 1. Siempre la misma facies conglomerática. Notar, en la mitad izquierda de la foto, la presencia de un dique sub-vertical, con estructura simétrica, de naturaleza “dolerita-diabasa”.



Foto 4 : Afl. JM-9526, LIG 1. Punto de unión de pliegue con esquistosidad de plano axial, en las lutitas asociadas a los conglomerados poligénicos precedentes.

8.2 L.I.G. N° 2 : VISTA PANORÁMICA DEL BORDE COSTERO Y DE LA MORFOLOGÍA GENERAL DE LA HOJA LAS LISAS

8.2.1 Croquis de situación



Figura 38 : Croquis de situación del LIG 2 : cumbre de la Loma Montaña Redonda.

8.2.2 Contenido- Motivación

Cumbre de la **Loma Montaña Redonda** que permite tener una vista general de la morfología de la costa atlántica, en particular del cordón litoral y las zonas pantanosas de

Laguna Redonda y Laguna del Limón. Con buen tiempo, la vista permite ver la flecha litoral de Miches en dirección Oeste, y la “casi” isla de Samaná hacia el Norte. En dirección Sur, vista del conjunto de las cumbres de la “cordillera”.

8.2.3 Acceso

El acceso es fácil, viniendo de Miches por la carretera nacional 104, en dirección de Higüey. Poco antes el pueblo de El Guaraguao, a nivel de una vieja cantera, tomar el camino de la izquierda, en dirección de la antena telefónica “Orange”. El camino es únicamente accesible en vehículo 4x4 pues tiene un fuerte desnivel. En varias ocasiones, hay que abrir barreras antes de pasar la antena telefónica para luego alcanzar la explanada existente en la cumbre de Loma Montaña Redonda. Es un lugar privado, pero ninguna barrera tiene cadenas. Como precaución, y antes de aventurarse en el camino, solicitar autorización al propietario que vive en una finca a mitad del camino entre El Guaraguao y El Cedro.

8.2.4 Observaciones y comentarios

Magnífica vista panorámica al Norte :

- la flecha litoral de Miches ;
- la costa atlántica con su cordón litoral plantado de cocoteros, y sus lagunas circulares bordeadas de zonas pantanosas que se utilizan para el cultivo del arroz ;
- la bahía y la “casi” isla de Samaná, visible en segundo plano.

Al Sur, panorama de las cumbres de la Hoja Las Lisas :

- Loma del Cuarón hacia el Suroeste ;
- Loma los Guazaritos en pleno Sur ;
- encajamiento del valle del Cedro y, en segundo plano, las cumbres de la “cordillera” (Loma Aguacate y Loma del Séptimo Cielo) a menudo cubiertas de nubes.

La cantera, situada a la entrada del camino de acceso a la Loma Montaña Redonda, merece una visita, aunque sea rápida. Está abierta en la facies “banal” de la Fm Las Guayabas. Las grauvacas y las areniscas conforman bancos regulares de potencia centimétrica a métrica. Son de color gris-azul a marrón verdusco y tienen una textura laminada, centimétrica a decimétrica, que corresponde con una sucesión de microsecuencias de granoclasificación verticales. La estratificación, muy nítida, con buzamiento de 40° hacia el Norte; está cortada por una esquistosidad débil, pero bien visible y paralela al accidente cizallante del río Cedro.

8.2.5 Reseña bibliográfica

Nada

8.2.6 Fotos



Foto 5 : Afl. JM-9464, LIG 2. Foto pánoramica desde la cumbre de la Loma Montaña Redonda, vista hacia el NO sobre la Laguna Redonda y, en segundo plano, la Bahía y la “casi” Isla de Samaná.



Foto 6 : Afl. JM-9464, LIG 2. Foto panorámica desde la cumbre de la Loma Montaña Redonda, vista hacia el NE sobre la Laguna del Limón.

9 BIBLIOGRAFÍA

ACUATER (2000) : Mapa hidrogeológico Planicie Costera Oriental, mapa N° 9/1/3 Escala 1:50 000, Febrero 2000. República Dominicana-UE. Programa de Desarrollo Geológico-Minero (SYSMIN) Convención Lomé IV.

ARDEVOL LI. (2004) : Informe sedimentológico del Proyecto L (Zonas Este y Suroeste). Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

BARONI-URBANI C., SAUNDERS J.B. (1980) : The fauna of the Dominican Republic amber : the present status of knowledge. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. Memorias, vol 1, p. 213-223.

BARRETT T.J., MacLEAN W.H. (1999) : Volcanic sequences, lithogrochemistry, and hydrothermal alteration in some bimodal volcanic-associated massive sulfide systems. In Volcanic-associated massive sulfide deposits: processes and examples in modern and ancient settings. Edited by C.T. Barrie and M.D. Hannington. Reviews in Economic Geology, N° 8, p.101-131.

BELLON H., VILLA J.M., MERCIER de LEPINAY B. (1985) : Chronologie ^{40}K - ^{39}Ar et affinités géoquímicas des manifestations magnéticas au Crétacé et au Paléogène dans l'isle d'Hispaniola. En, Geodynamique des Caribes, Editions Technip, p.12-24.

BLESCH R.R. (1966) : Mapa geológico preliminar. En : Mapas. Volumen 2, Reconocimiento y Evaluación de los Recursos Naturales de la República Dominicana. Unión Panamericana, escala 1:250 000.

BOISSEAU M. (1987) : Le flanc nord-est de la Cordillère Centrale Dominicaine (Hispaniola, Grandes Antilles). Un édifice de nappes crétacées polyphasées. Thèse 3ème cycle de l'Université P. et M. Curie, Paris, 173 p.

BOURDON L. (1985) : La Cordillère Orientale Dominicaine (Hispaniola, Grandes Antilles) : un arc insulaire crétacé polystructuré. Thèse 3ème cycle de l'Université P. et M. Curie, Paris, 203 p., 2 pl. h. t..

BOURDON L., GEYSSANT J.R., MERCIER de LEPINAY B., VILA J.M. (1983) : Hallazgo de amonitas coniacianas en la Cordillera Oriental Dominicana (Hispaniola, Antillas Mayores), 10th Caribbean Geological Conference, Cartagena de Indias, 1983.

BOURDON L., GEYSSANT J.R., MERCIER de LEPINAY B., VILA J.M. (1984) : Intérêts paléontologique, chronologique et tectonique de la découverte de Peroniceras (Ammonoidea, Collignoniceratidae) dans le Coniacien inférieur de la Cordillère Orientale de la République Dominicaine (Hispaniola, Grandes Antilles). C.R. Acad. Sc. Paris, t. 298, Série II, n° 7, p. 287-292.

BOWIN C. (1960) : Geology of central Dominican Republic. Ph. D. Thesis, Princeton University. Princeton, New Jersey, 211 p.

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

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, p. 501-552.

BRIQUEAU L., BOUGAULT H., JORON J.L. (1984) : Quantification of Nb, Ta, Ti and V anomalies in magmas associated with subduction zones : petrogenetic implications. Earth and Planetary Science Letters, 68, p.297-308.

BROUWER S.B., BROUWER P.A. (1980) : Geología de la region ambarifera oriental de la República Dominicana. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. Memorias, vol 1, p. 303-322.

BROWN G.C., THORPE R.S., WEBB P.C. (1984) : The geochemical characteristics of granitoids in contrasting areas and comments on magma sources, *Journal of the Geological Society of London*, 141, p. 413-426.

BURKE K., FOX P.J.Y, SENGOR A.M.C. (1978) : Buoyant ocean floor and the evolution of the Caribbean. *Journal of Geophysical Research*, v. 83, p. 3949-3945.

BURKE K., GRIPPI J., SENGOR A.M.C. (1980) : Neogene structures in Jamaica and the tectonic style of the northern Caribbean plate boundary zone. *Journal of Geophysical Research*, v. 88, p. 375-386.

BYRN D.B., SUAREZ G., McCANN W.R. (1985) : Muertos Trough subduction ; Microplate tectonics in the northern Caribbean ? *Nature*, v. 317, p. 420-421.

CALAIS E., PERROT J., MERCIER de LEPINAY 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, p. 125-142.

CHAMPETIER Y., MADRE M., SAMAMA J.C., TAVARES I. (1980) : Localisation de l'ambre au sein des séquences à lignites en République Dominicaine. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. *Memorias*, vol 1, p. 277-279.

CHAPPELL B.W., WHITE A.J.R. (1974) : Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8, pp 173-174.

COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE (CGG) (1999) : Informe final sobre la prospección magnética y radiométrica aereoportada del territorio de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto E. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

COTTARD F., CAZAUX D., OSIRIS de LEON R. (2003) : Programa SYSMIN 7 ACP DO 024. Proyecto O. Estudios ambientales de base de las instalaciones mineras de Rosario Dominicana. Tarea 1. Recopilacion de la informacion disponible. Informe inédito, BRGM/RC-52298-FR, 133 p.

COX K.G., BELL J.D., PANKHURST R.J. (1979): The Interpretation of Igneous Rocks, George Allen and Unwin, London. R.A. Batchelor and P. Bowden, 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters, *Chemical Geology*, vol. 48, 43-55.

CRAWFORD A.J., FALLOON T.J., GREEN D.H. (1989) : Classification, petrogenesis and tectonic setting of boninites. In A.J. Crawford (ed.). *Boninites and related rocks*. Unwin Hyman London, p. 1-49.

CRIBB J.W., JIMENEZ J., LEWIS J.F., SUTTER J.F. (1989) : $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages from Loma de Cabrera batholith. Implications for timing of tectonic events in northern Hispaniola. *Geological Society of American Abstracts with Programs*, v. 21, no. 6, p. A267.

DAILY A.F. (1974) : Reporte sobre Placer's en la concession Cuaron y Laguna Redonda. Informe inédito, Servicio Geológico Nacional 14-74-001. Santo Domingo.

DE LA FUENTE L., ELLIS G.M. (1980) : Informe sobre la investigacion geologica de la Cordillera Oriental, sector El Rancho. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. *Memorias*, vol 2, p. 669-673.

DE LA FUENTE S. (1976) : Geografía Dominicana. Amigo del Hogar, Santo Domingo, 272 p.

de ZOETEN 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, p. 265-279.

DECKER J. (1985) : Sandstone modal analysis procedure: Alaska, Department of Natural Resources, Division of Geological and Geophysical Survey, Public Data File Report, PDF 85-3a.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2004) : Mapa geológico a 1:50 000 de Miches (6372-I). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2004) : Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de Monte Plata (6272). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2004) : Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de El Seibo (6372). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2004) : Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de Las Lisas (6472-Mitad occidental). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A., HERNANIZ HUERTA P.P. (2004) : Mapa geológico a 1:50 000 de Antón Sánchez (6272-I). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DICKINSON W.R., SUCZEK C.A. (1979) : Plate tectonics and sandstone composition. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 63, p. 2164-2182.

SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL (SGN) (1984) : Formaciones del Suroeste de la República Dominicana. Santo Domingo, 500 p.

DIXON T.H., DAILY M.I. (1981) : Analysis of a SEASTAT-SAR image of the northeastern Dominican Republic, Paris, France, Photo-Interpretation, v.5, p. 4.3-4.7.

DOLAN J.F. (1988) : Paleogene sedimentary basin development in the eastern Greater Antilles; Three studies in active-margin sedimentology. Tesis Doctoral, Universidad de California, Santa Cruz, 235 p.

DOLAN J.F., MANN P., de ZOETEN R., HEUBECK C., SHIROMA J. (1991) : Sedimentologic, stratigraphic, and tectonic synthesis of Eocene-Miocene sedimentary basins, Hispaniola and Puerto Rico. 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, p. 217-263.

DOLAN J.F., MULLINS H.T., DAVID J.W. (1998) : Active tectonics of the north-central Caribbean: Oblique collision, strain partitioning and opposing subducted slabs, En: Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone, (Dolan J.F. y Mann P., eds.) Volumen especial Nº 326 de la Sociedad Geológica de America, 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.

DOLAN J.F., WALD D.J. (1998) : The 1943-1953 north-central Caribbean earthquakes : Active tectonic setting, seismic hazards, and implications for Caribbean-North America plate motions. 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. 143-170.

DOMÍNGUEZ H.S. (1987) : Geology, hydrothermal alteration, and mineralization of the El Recodo porphyry cooper prospect, southeastern Cordillera Central, Dominican Republic. Tesis Doctoral, Universidad George Washington, 203 p.

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 A.W. Bally, A.R. Palmer (eds). An Overview. The geology of North America. Geological Society of America, Boulder, Colorado, Vol. A, p. 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 (DENG, G. y CASE, J. Eds). Geol. Soc. America. Boulder, Colorado, Vol. H, p.339-374.

DONOVAN S.K., JACKSON T.A. (1994) : Caribbean Geology an Introduction. The University of The West Indies Publishers Associations, Kinston, Jamaica, 289 p.

DOUGLAS R.C. (1961) : Orbitolinas from Caribbean Islands. Journal of Paleontology, 35, 3, p. 475-479.

DRAPER G., GUTIERREZ G., LEWIS J.F. (1996) : Thrust emplacement of the Hispaniola peridotite belt: Orogenic expresion of the Mid Cretaceous Caribbean arc polarity reversal. Geology, v.24 (12): p. 1143-1146.

DRAPER G., LEWIS J.F. (1982) : Petrology, deformation and tectonic significance of the Amina Schists, northern Dominican Republic, In Amigo del Hogar (ed.). Transactions of the 9th Caribbean Geological Conference, Santo Domingo, República Dominicana, p. 53-64.

DRAPER G., 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, p. 29-45.

DRAPER G., 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, p. 77-95.

DRUMMOND M.S., DEFANT M.J. (1990) : A model for trondhjemite-tonalita-dacite genesis and crustal growth via slab melting: Archean to Modern comparisons. *Journal of Geophysical Research*, 95, p. 21503-21521.

EDGAR N.T. (1991) : Structure and geologic development of the Cibao Valley, northern 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, p. 281-299.

ESCUDER VIRUETE J. (2004) : Informe de petrología y geoquímica de la rocas ígneas y metamórficas del Proyecto L (Zonas Este y Suroeste). Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

ESCUDER VIRUETE J., HERNAIZ HUERTA P.P., DRAPER G., GUTIERREZ G., LEWIS J.F., PÉREZ-ESTAÚN A. (2002) : Metamorfismo y estructura de la Formación Maimón y los Complejos Duarte y Río Verde, Cordillera Central Dominicana : implicaciones en la estructura y la evolución del primitivo Arco Isla Caribeño. *Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. Acta Geologica Hispanica*. v. 37 (2002), nº 2-3, p.123-162.

ESPAILLAT J., BLOISE G., MACVEIGH J.G., LEWIS J.F. (1989) : Petrography and geochemistry of mafic rocks of Peralvillo Formation in the Sabana Potrero area, Central Dominican Republic. In D.K. Laure, G. Draper (eds.). *Transactions of the 12th Caribbean Geological Conference*.

ESPY J.A. (2000) : Análisis y ordenación de la minería artesanal. Proyecto C. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

FALCONBRIDGE DOMINICANA (1988) : Informes internos. Preliminary Discussion of Results. Cordillera Oriental Project, 2 de Mayo de 1988, 6 p. ; Cordillera Oriental Project, J. J. Watkins, y C. Chávez Castro, 15 de Julio de 1988, 25 p. Centro de Documentación, Dpto. de Exploraciones Falconbridge.

FRIEDMAN R. (2004) : Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método U/Pb en los Proyectos L y K. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research Earth and Ocean Sciences Department, Universidad de British Columbia, Alberta, Canadá. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

GABB W.M. (1881) : On the topography and geology of Santo Domingo, Am. Philos. Soc. Trans., n.s., XV, p. 49-259.

GARCIA LOBON J.L. (2004) : Informe de interpretación de la geofísica aerotransportada del Proyecto L (Zonas Este y Suroeste). Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

GARCIA SENZ J. (2004) : Mapa geológico a 1:50 000 de Hato Mayor del Rey (6372-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

GARCIA SENZ J. (2004) : Mapa geológico a 1:50 000 de Rincón Chavón (6472-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

GILL J.B. (1981) : Orogenic andesites and plate tectonics. Springer Verlag, New York, 390 p.

HARDING T.P., LOWELL J.D. (1979) : Structural styles, their plate-tectonic habitats, and hydrocarbon traps in petroleum provinces: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 63, p. 1016-1058.

HERNAIZ HUERTA P.P. (2000) : Mapa geológico a 1:50 000 de Villa Altagracia (6172-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN de Cartografía Geotemática de la República Dominicana.. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

HERNAIZ HUERTA P.P. (2000) : Mapa geológico a 1:50 000 de Arroyo Caña (6172-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN de Cartografía Geotemática de la República Dominicana.. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

HERNAIZ HUERTA P.P. (2000) : Mapa geológico a 1:50 000 de Villa Altagracia (6172-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN de Cartografía Geotemática de la República Dominicana.. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

HERNAIZ HUERTA P.P. (2004) : Mapa geológico a 1:50 000 de Monte Plata (6272-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

HERNANDEZ J.B. (1980) : Geología preliminar del area «El Valle», Provincia El Seybo, República Dominicana. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. Memorias, vol 2, p. 675-680.

HEUBECK C. (1988) : Geology of the southeastern termination of the Cordillera Central, Dominican Republic. M.A. Thesis. University of Texas, Austin, 333 p.

HORAN S.L. (1995) : The geochemistry and tectonic significance of the Maimon-Amina schists, Cordillera Central. Dominican Republic, Unpublished M.Sc. thesis, University of Florida, Gainesville. 172 p.

HUGHES C.J. (1973) : Spilites, keratophyles and the igneous spectrum. Geological Magazine, 109, p. 513-527.

HUMPHRIS S.E., THOMPSON G. (1978) : Hydrothermal alteration of oceanic basalts by seawater. Geochimica et Cosmochimica Acta, 42, p.107-125.

ITURRALDE VINENT M.A. (2001) : Geology of the amber-bearing deposits of the Greater Antilles. Caribbean Journal of Science, Vol. 37, n° 3-4, p. 141-167.

JENNER G.A., SWINDEN H.S. (1993): The Pipestone Pond Complex, Central Newfoundland: complex magmatism in an Eastern Dunnage Zone ophiolite. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 30, p. 434-448.

JORDAN T.H. (1975): The present-day motions of the Caribbean plate: *Journal of Geophysical Research*, Vol. 80, p. 4433-4439.

KERR A.C., ANDREW C., TARNEY J. (1996): The Caribbean-Colombian Cretaceous Igneous Province: The Internal Anatomy of an Oceanic Plateau. En: *AUG Monography on Large Igneus Provinces*, (MAHONY J.J. y COFIN M. Eds.).

KERR A.C., TARNEY J., MARRINER J.G., NIVIA, A., SAUNDERS A.D. (1997): The Caribbean-Colombian Cretaceous Igneous Province: The Internal Anatomy of an Oceanic Plateau. En: *Large Igneus Provinces*, (MAHONY J.J. y COFIN M. Eds.) *AUG Monographie*.

KESLER S.E., RUSSELL N., POLANCO J., McCURDY K., CUMMING G.L. (1991): Geology and geochemistry of the early Cretaceous Los Ranchos Formation, central Dominican Republic. In Mann P., Draper G. and Lewis J.F., eds., *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola*. Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 262, p. 187-201.

KESLER S.E., RUSSELL N., REYES C., SANTOS L., RODRÍGUEZ A., FONDEUR L. (1991): Geology of the Maimón Formation, 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, p. 173-185.

KESLER S.E., RUSSELL N., SEAWARD M., RIVERA J., McCURDY K., CUMMING G.L., SUTTER J.F. (1981): Geology and geochemistry of sulfide mineralization underlying the Pueblo Viejo gold-silver deposit, Dominican Republic, *Economic Geology*, 76, p. 1096-1117.

KESLER S.E., SUTTER J.F. (1977): Progres report on radiometric age determinaton in the Caribe region. *Abstracts*, 8th. Caribbean Geological Conference, p. 85-86.

KESLER S.E., SUTTER J.F., BARTON J.M., SPECK R.C. (1991) : Age of intrusive rocks in Northern 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, p. 165-172.

KESLER S.E., SUTTER J.F., JONES L.M., WALKER R.L. (1977) : Early Cretaceous basement rocks in Hispaniola. *Geology*, 5, p. 245-247.

KROGH T. E. (1982) : Improved accuracy of U-Pb zircon ages by the creation of more concordant systems using an air abrasion technique. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46, p. 637-649.

KULSTAD R. (1980) : Investigacion geologica preliminar del sector Miches, Cordillera Oriental, República Dominicana. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. *Memorias*, vol 2, p. 663-668.

KYSAR G., LEWIS J.F., MORTENSEN J.K. (1998) : U-Pb zircon age constraints for Paleogene igneous rocks of the Sierra Maestra, southeastern Cuba. In : Abstract with programs, Geological Society of America Annual Meeting, Toronto. p.185.

LEBRÓN M.C. (1989) : Petrochemistry and tectonic significance of late Cretaceous calcalkaline volcanic rocks, Cordillera Oriental, Dominican Republic. M. Sc. Thesis, Univ. Florida. Gainesville. Fla. 154 p.

LEBRÓN M.C., MANN P. (1991) : Geologic map of the eastern Dominican Republic. En: P. Mann, G. Draper and J. Lewis (Editors), *Geologic and Tectonic Development of the North America-Caribbean Plate in Hispaniola*. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 262, scale 1:150 000.

LEBRÓN M.C., PERFIT M.R. (1993) : Stratigraphic and Petrochemical Data Support Subduction Polarity Reversal of the Cretaceous Caribbean Island Arc.: *Journal of Geology*. V. 101, p. 389-396.

LEBRÓN M.C., PERFIT M.R. (1994) : Petrochemistry and tectonic significance of Cretaceous island-arc rocks, Cordillera Oriental, Dominican Republic. *Tectonophysics*, 229 (1994), p. 69-100, Elsevier Science B.V., Amsterdam.

LEWIS J.F. (1982) : Granitoid Rocks in Hispaniola. Transactions of the 9th Caribbean Geological Conference, Santo Domingo, Dominican Republic, 1980: Amigo del Hogar Publishers, p. 403-408.

LEWIS J.F. (1982) : Ultrabasic and associated rocks in Hispaniola. Transactions of the 9th Caribbean Geological Conference, Santo Domingo, Dominican Republic, 1980: Amigo del Hogar Publishers, p. 403-408.

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 Tireo 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. y LEWIS J.F., Eds.), Geological Society of America Special Paper, 262 p.

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 Barbito deposits. In R. Sherlock, R. Barsch, A. Logan (eds.). VMS deposits of Latin America. Geological Society of Canada Special Publication, p. 223-249.

LEWIS J.F., DRAPER G. (1990) : Geological and tectonic evolution of the northern Caribbean margin: Decade of North American Geology, v. H: The Caribbean, Geol. Soc America, p.77-140.

LEWIS J.F., ESCUDER VIRUETE J., HERNAIZ HUERTA P.P., GUTIERREZ G., DRAPER G., PÉREZ-ESTAÚN A. (2002) : Subdivisión geoquímica del Arco Isla Circum-Caribeño, Cordillera Central Dominicana : implicaciones para la formación, acreción y crecimiento cortical en un ambiente intraoceánico. Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. Acta Geologica Hispanica. v. 37 (2002), n° 2-3, p.81-122.

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, A227.

LOPERA E. (2004) : Mapa de recursos minerales a 1:100 000 de Monte Plata (6272). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

LOPERA E. (2004) : Mapa de recursos minerales a 1:100 000 de El Seibo (6372) y Las Lisas (6472). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

LUDEN J., GELINAS L., TRUDEL P. (1982) : Archean metavolcanics from the Rouyn-Noranda district. Albitibi greenstone belt, Quebec. 2. Mobility of trace elements and petrogenetic constraints. Canadian Journal of Earth Science, 19, p. 2276-2287.

LUDWIG K.R. (1980) : Calculation of uncertainties of U-Pb isotope data. Earth and Planetary Science Letters, 46, p. 212-220.

LUDWIG K.R. (2003) : Isoplot 3.00. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center, Special Publication No. 4

MANIAR P.D., PICCOLI P.M. (1989) : Tectonic discrimination of granitoids, Geological Society of America Bulletin, vol.101, p.635-643.

MANN P. (1983) : Cenozoic tectonics of the Caribbean structural and stratigraphic studies in Jamaica and Hispaniola. Tesis Doctoral. Universidad de New York, Albany, 688 p. (Inédito).

MANN P., BURKE K., MATSUMOTO T. (1984) : Neotectonics of Hispaniola; Plate motion, sedimentation and seismicity at a restraining bend. Earth and Planetary Science Letters, 70: p. 311-324.

MANN P., DRAPER G., LEWIS J.F. (1991) : Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262 p.

MANN P., DRAPER G., LEWIS, J.F. (1991) : An overview of the geologic and tectonic development of 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, p. 1-28.

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 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. 63-124.

MANN P., TAYLOR F.W., EDWARDS R.L., KU T.L. (1995) : Actively evolving microplate formation by oblique collision and sideways motion along strike-slip faults: An example from the northeastern Caribbean plate margin. Tectonophysics, V. 246, p. 1-69.

MARCHI I. (2002) : Evaluacion tecnico-comercial del yacimiento de feldespato de la concession de explotacion minera del "Bebedero". Informe inédito, Espumas Industriales, 7 p. Santo Domingo.

MARTÍN FERNÁNDEZ M. (2000) : Mapa geológico a 1:50 000 de Haillo (6172-I). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN de Cartografía Geotemática de la República Dominicana.. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MASSON D.G., SCANLON K.M. (1991) : The neotectonic setting of Puerto Rico. Geological Society of America Bulletin, v. 103, no. 1, p. 144-154.

MATTHEWS J.E., HOLCOMBE T.L. (1976) : Possible Caribbean underthrusting of the Greater Antilles along the Muertos Trough. In: Transactions, Caribbean Geological Conference VII, Guadeloupe (1974). Ministere de l'Industrie et de la Recherche, Point-a-Pitre, French Antilles, p.235-242.

MATTSON P.H. (1979) : Subduction, buoyant braking, flipping and strike-slip faulting in the Northern Caribbean. Journal of Geology. Vol. 87, p. 293-304.

MAUFFRET A., LEROY S. (1997) : Seismic stratigraphy and structure of the Caribbean igneous province. *Tectonophysics*, 283, p. 61-104.

McCANN W.R., SYKES L.R. (1984) : Subduction of aseismic ridges beneath the Caribbean Plate: Implications for the tectonics and seismic potential of the northeastern Caribbean. *Journal of Geophysical Research*, v. 89, p. 4493-4519.

MERCIER de LEPINAY B. (1987) : L'évolution géologique de la bordure Nord-Caraïbe : l'exemple de la transversale de l'île d'Hispaniola (Grandes Antilles). Thèse de Doctorat d'Etat es Sciences de l'Université P. et M. Curie, Paris, 255 p.

MESCHEDE M. (1986) : A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram, *Chemical Geology*, vol.56, p. 207-218.

MICHELSON H. (1977) : Lignite and peat survey in the Dominican Republic (december 1976 – March 1977). Area parcial Bajo yuna – Peninsula Samana. Tahal consulting engineers, Ltd and acueductos y alcantarillados, C. por A., Informe inédito, 49 p., Servicio Geológico Nacional 22-77-002. Santo Domingo.

MIDDLEMOST E.A.K. (1989) : Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks, *Chemical Geology*, vol.77, p. 19-26.

MITCHELL S.F., GUNTER G.C. (2002) : Biostratigraphy and taxonomy of the rudist *Chiapasella* in the Titanosarcolithes Limestones (Maastrichtian) of Jamaica. *Cretaceous Research* 23, p. 473-487.

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.

MONTHEL J. (2004) : Mapa geológico a 1:50 000 de El Seibo (6372-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MONTHEL J. (2004) : Mapa geológico a 1:50 000 de El Valle (6372-IV). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MONTHEL J., CAPDEVILLE J.P. (2004) : Mapa geológico a 1:50 000 de Bayaguana (6272-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MONTHEL J., NICOL N., FONDEUR L., GENNA A. (2004) : Mapa geológico a 1:50 000 de Sabana Grande de Boyá (6272-IV). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

NAGLE F. (1979) : Geology of the Puerto Plata area, Dominican Republic, En Hispaniola, tectonic focal point of the Caribbean; Three tectonic studies in the Dominican Republic: Miami, Florida, Miami Geological Society, p. 1-28.

NAGLE F., PACHER H.C., ANTONINI G.A. (1979) : Hispaniola Tectonic Focal Point of the Northern Caribbean. Three tectonic studies in the Dominican Republic. En Lidz, B. y Tagle, F. (Eds.). Geological Society. Miami.

NELSON C.E. (2000) : Volcanic domes and gold mineralization in the Pueblo Viejo district, Dominican Republic. *Mineralium Deposita* (2000) 35, p. 511-525.

PARDO G. (1975) : Geology of Cuba. En: The Ocean Basins and Margins, (NAIRM y STELHI Eds.) A.E.M. Vol. 3.

PARRISH R. R., RODDICK J. C., LOVERIDGE W. D., SULLIVAN R. W. (1987) : Uranium-lead analytical techniques at the Geochronology Laboratory, Geological Survey of Canada; Radiogenic age and isotopic studies; Report 1. Paper - Geological Survey of Canada, 87-2, p. 3-7.

PEARCE J.A. (1975) : Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environments on Cyprus. *Tectonophysics*, 25, p. 41-67.

PEARCE J.A. (1983) : The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins. In C.J. Hawkesworth, M.J. Norry (eds.). *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*. Nantwich, Shiva, p. 230-249.

PEARCE J.A. (1992) : Boninite and harzburgite from Leg 125 (Bonin-Mariana Fore-arc): A case study of magma genesis during the initial stages of subduction. In P. Fryer, Pearce, J. A., Stocking, L.B. (eds.). *Proceedings Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 125, p. 623-659. College Station, TX.

PEARCE J.A., ALABASTER T., SHELTON A.W., SEARLE M.P. (1981) : The Oman ophiolite as a Cretaceous arc-basin complex: evidence and implications. *Phil. Trans. R. Soc. Lon.*, A300, 299-317.

PEARCE J.A., CANN J.R. (1973) : Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, *Earth and Planetary Science Letters*, vol.19, p. 290-300.

PEARCE J.A., HARRIS N.B.W., TINDLE A.G. (1984) : Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, *Journal of Petrology*, vol.25, p. 956-983.

PEARCE J.A., NORRY M.J. (1979) : Petrogenetic Implications of Ti, Zr, Y, and Nb Variations in Volcanic Rocks, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, vol.69, p. 33-47.

PEARCE J.A., PEATE D.W. (1995) : Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas. *Earth and Planetary Science Annual Review*, 23, p. 251-285.

PÉREZ-ESTAÚN A., TAVARES I., GARCÍA CORTES A., HERNAIZ HUERTA P.P. (2002) : Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. *Acta Geológica Hispánica*, 37, p. 77-80.

PINDELL J.L. (1994) : Evolution of the Gulf of Mexico and the Caribbean, En: Caribbean geology: An introduction, (DONOVAN. S.K. y JACKSON, T.A. Eds), Kingston, Jamaica, University of the West Indies, Publishers Association, p. 13-39.

PINDELL J.L., BARRET S.F. (1990) : Geologic of the Caribbean region; A plate- tectonic perspective. En: The Geology of North America: The Caribbean region (Dengo, G. y Case, J.E., eds.), Geological Society of America, Vol. H., Boulder, Colorado, p. 405-432.

PINDELL J.L., DRAPER G. (1991) : Stratigraphy and Geological history of the Puerto Plata area, 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, p. 97-114.

PLATT J.P., VISSERS R.L.M. (1980) : Extensional structures in anisotropic rocks. J. Struct. Geol., 2, p.397-410.

PREMOLI SILVA I., SLITER W.V. (2002) : Practical manual of cretaceous planktonic foraminifera. Dipartimento di Scienze della Terra. University of Perugia (Italy) p. 1-462.

PREMOLI SILVA L., SLITER W.V. (1995) : Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy and evolutionary trends from the Bottaccione section, Gubbio, Italy. Palaeontographia Italica, 82, p.1-89.

RAMSAY J.G. (1967) : Folding and Fracturing of Rocks, McGraw-Hill, New York and London, 568 p.

RAPP R.P., WATSON E.B. (1995) : Dehydration melting of metabasalt at 8–32 kbar: implications for continental growth and crust- mantle recycling. J. Petrol., 36 4 , p. 891–931.

RENNE P.R., SWISHER C.C., DEINO A.L., KARNER D.B., OWENS T., DePAOLO D.J. (1998) : Intercalibration of standards, absolute ages and uncertainties in $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating. Chemical Geology, 145(1-2): p. 117-152.

ROBASZYNSKI F., CARON M. (1995): Foraminifères planctoniques du Crétacé : commentaire de la zonation Europe – Méditerranée. Bull. Soc. Géol. France, t. 166, n°6, p. 681-692.

RODDICK J.C. (1987): Generalized numerical error analysis with applications to geochronology and thermodynamics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51, p. 2129-2135.

RODRIGUEZ J.J. (1998) : Excursion to the Pueblo Viejo Au-Ag deposit and vicinity. Field guide. In Feiss P.G. ed., Mineral deposits of the Dominican Republic, guidebook prepared for the Society of Economic Geologists. Field trip, march 12-14, 1998, p. 1-6.

RODRIGUEZ J.J. (1998) : Geology of the Los Ranchos Formation. In Feiss P.G. ed., Mineral deposits of the Dominican Republic, guidebook prepared for the Society of Economic Geologists. Field trip, march 12-14, 1998, p. 21.

RODRIGUEZ J.J. (1998) : History of Pueblo Viejo. In Feiss P.G. ed., Mineral deposits of the Dominican Republic, guidebook prepared for the Society of Economic Geologists. Field trip, march 12-14, 1998, p. 19-20.

ROSENCRANTZ E., ROSS M.I., SCLATER J.G. (1988) : Age and spreading history of the Cayman Trough as determined from depth, heat flow and magnetic anomalies: *Journal of Geophysical Research*, v. 93, p. 2141-2157.

RUSSELL N., KESLER S.E. (1991) : Geology of the maar-diatreme complex hosting precious metal mineralization at Pueblo Viejo, Dominican Republic. In Mann P., Draper G. and Lewis J.F., eds., Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 262, p. 203-215.

RUSSELL N., SEAWARD M., RIVERA J., Mc CURDY K., KESLER S.E., CUMMING G.L., SUTTER J.F. (1980) : Geology and geochemistry of the Pueblo Viejo gold-silver deposit and its host Los Ranchos Formation, Dominican Republic. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. *Memorias*, vol 1, p. 263-271.

SHERVAIS J.W. (1982) : Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas, Earth and Planetary Science Letters, vol. 59, p. 101-118.

SIGURDSSON H., KELLEY S., LECKIE R.M., CAREY S., BRALOWER T., KING J. (2000) : History of Circum-Caribbean Explosive Volcanism: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of tephra layers, in Leckie R. M., Sigurdsson H., Acton G. D., and Draper G. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol. 165.

SILVESTER A.G. (1988) : Strike-slip faults. Geological Society of America Bulletin, v. 100, p. 1666-1703.

SINTON C.W., DUNCAN R. A., STOREY M. LEWIS J., ESTRADA J.J.(1998) : An oceanic flood basalt province within the Caribbean plate. Earth and Planetary Science Letters, V. 155, p. 221-235.

SLATER J.A., BARANOWSKI R.M. (2000) : *Discocoris Dominicanus*, a new species of palm bug from dominican amber (Heteroptera Thaumastocoridae). Florida Entomologist 83(3), p. 349-353.

SMILEY C.J. (1982) : Cretaceous plants from the Dominican Republic. Unpublished report to Rosario Dominicana, 20 p.

SMILEY C.J. (1982) : Lower Cretaceous plants from the Dominican Republic. En: Caribbean Geology into the third Millenium. Trevor A. Jackson (ed.) University of the West Indies Press, p. 119-129.

SMITH I.E.M., WORTHINGTON T.J., STEWART R.B., PRICE R.C., GAMBLE J.A. (2003) : Felsic volcanism in the Kermadec arc, SW Pacific: crustal recycling in an oceanic setting. In: Larter, R.D. & Leat, P.T., Intra-Oceanic Subduction Systems: Tectonic and Magmatic Processes. Geological Society of London, Special Publications, 219, 99-118.

SOFREMINES (1978) : Estudio de las lignitas de la zona d'El Valle. Informe inédito, Compañia Dominicana de Electricidad. Santo Domingo.

STACEY J. S., KRAMERS J. D. (1975) : Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth and Planetary Science Letters*, 26, p. 207-221.

SUN S.S., MCDONOUGH W.F. (1989) : Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle compositions and processes. In Saunders A.D., Norry M.J. (eds.). *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society Special Publication, 42, p. 313-345.

TATSUMI Y., HAMILTON D.L., NESBITT R.W. (1986) : Chemical characteristics of fluid phase released from a subducted litho-sphere and origin of arc lavas: evidence from high-pressure experiments and natural rocks. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 29, p. 293–309.

THIRLWALL M. F. (2000) : Inter-laboratory and other errors in Pb isotope analyses investigated using a (super 207) Pb- (super 204) Pb double spike. *Chemical Geology*, 163, p. 299-322.

TOLOCZYKI M., RAMIREZ I. (1991) : Mapa geológico de la República Dominicana 1:250 000. Secretaria de Estado de Industria y Comercio, Servicio Geológico Nacional, Instituto Geografico Universitario, Santo Domingo, D.N. en cooperacion con Bundesanstalt fur Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, República Federal de Alemania.

ULLRICH T. (2004) : Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método Ar/Ar en los Proyectos L y K. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research Earth and Ocean Sciences Department, Universidad de British Columbia, Alberta, Canadá. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

VENABLE M. (1998) : Pueblo Viejo overview. In Feiss P.G. ed., *Mineral deposits of the Dominican Republic*, guidebook prepared for the Society of Economic Geologists. Field trip, march 12-14, 1998, p. 22-30.

WEYL R. (1966) : *Geologie der Antillen*, Band 4, Beitrage zur Regionalen Geologie der Erde, (H. J. MARTINI, Ed.) Berlin, Gebrüder Bornträger, 410 p.

WINCHESTER J.A., FLOYD P.A. (1977) : Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, *Chemical Geology*, vol. 20, p. 325-343.

WINSLOW M.A., GUGLIELMO G. Jr., NADAI A.C., VEGA L.A., McCAAN W.R. (1991) : Tectonic evolution of the San Francisco Ridge of the eastern Cibao Basin, northeastern 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, p. 301-313.

WOOD D.A. (1980) : The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province, *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 50, p. 11-30.

ZOPPIS R. (1947) : Informe sobre el yacimiento aurífero de Miches (El Seibo). Informe inédito, 8 p., Servicio Geológico Nacional 14-47-002. Santo Domingo.