



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

**MAPA GEOLÓGICO
DE LA REPÚBLICA DOMINICANA
ESCALA 1:50 000**

**SABANA GRANDE DE BOYÁ
(6272-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 (SGN), habiendo participado los siguientes técnicos y especialistas:

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

- Ing. Jacques Monthel (BRGM)
- Ing. Nadège Nicol (BRGM)
- Ing. Luis Fondeur (Geólogo Consultor)
- Ing. Antonin Genna (BRGM)

COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Jacques Monthel (BRGM)

SEDIMENTOLOGÍA Y LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS

- Ing. Lluís Ardévol Oró (GEOPREP)

MICROPALAEONTOLOGÍA y PETROGRAFÍA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

- Dr. Chantal Bourdillon (Eradata)

PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS

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

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

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

GEOMORFOLOGÍA

- Ing. Alberto Diaz 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.

Quisiéramos igualmente agradecer a J. Lewis, Profesor de la Universidad Georges Washington, USA, y a J E. Espailat, Ingeniero, gerente general de la Corporación Minera Dominicana (CORMIDO), por compartir con nosotros su conocimiento de la Fm Los Ranchos.

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 de Sabana Grande de Boyá (6272-IV) está situada en el ángulo noroeste de la Cordillera Oriental Dominicana.

Su territorio está cubierto por una panoplia bastante completa de los terrenos reconocidos sobre el conjunto de la Cordillera Oriental. El Cretácico Inferior está representado por la Fm Los Ranchos que genera los principales relieves de la región. Esta formación está compuesta principalmente por lavas y productos volcanoclásticos gruesos de naturaleza básica a intermedia. Es característica en la región la presencia de una unidad de composición ácida (lavas, brechas e intrusiones dacíticas) en el tercio superior de la formación. Hacia el Noroeste y Centro-Este, la Fm Los Ranchos está intruída por los batolitos tonalíticos de Cevicos y de Sabana, atribuyéndose al final del Cretácico Inferior (109 ± 5 Ma) su edad de emplazamiento. Las turbiditas de la Fm Las Guayabas, que datan del Cretácico Superior, están representadas en el límite sur de la Hoja donde dan lugar a una potente serie monótona e indiferenciada. En el extremo Suroeste, afloran los conglomerados eocenos de la Fm Don Juan, en tanto que todo el cuarto noreste de la Hoja está cubierto por las margas y las calizas arrecifales de Los Haitises, de edad atribuida al Plio-Pleistoceno. Los recubrimientos cuaternarios son importantes y están bien representados en el valle del río Payabo y también hacia el Sur de la Hoja, en el borde de la Llanura Costera del Caribe.

Los terrenos cretácicos constituyen un conjunto monoclinal de dirección E-O, con una inclinación de unos veinte grados hacia el Sur. Este conjunto está cortado por fracturas de dirección ENE-OSO y NO-SE, subverticales, que parecen haber funcionado en distensión durante las fases más recientes de la deformación. Discordante con el sustrato cretácico, la cubierta tabular de Los Haitises sólo presenta una deformación frágil distensiva NO-SE, muy visible en el borde SO del dominio.

El principal potencial hidrogeológico está ubicado en las calizas del techo de Los Haitises.

La Fm Los Ranchos es un terreno de exploración privilegiado para los metales preciosos, en particular los afloramientos de volcanitas ácidas que encierran varios indicios de mineralización epitermal.

ABSTRACT

The Sabana Grande de Boyá Sheet (6272-IV) is located in the northeastern corner of the Dominican Republic's Eastern Cordillera.

It comprises a fairly complete range of the strata encountered throughout the Eastern Cordillera. The Early Cretaceous is represented by the Los Ranchos Formation, which caps the region's higher ground. It consists mainly of lavas and coarse volcanoclastic rocks of basic to intermediate composition. The presence of a unit of acid composition (lavas, breccias, and protrusions of dacite) in the upper third of the formation is characteristic of the region. In the northwestern and central-eastern parts, the Los Ranchos Formation is intruded by the tonalitic Cevicos and Sabana batholiths, whose emplacement is assigned to the end of the Early Cretaceous (120-106 Ma). The turbidites of the Las Guayabas Formation, dated as Late Cretaceous, are represented along the southern edge of the map area, where they form a thick monotonous series of undifferentiated rocks. In the far southwestern corner, Eocene conglomerates of the Don Juan Formation crop out, whereas the entire northeast corner is covered by Haitises marls and reefal limestones, assigned to the Pliocene-Pleistocene. There is a significant covering of Quaternary deposits: they are well represented in the Río Payabo valley, and also in the south of the map area, along the edge of the Llanura Costera del Caribe (Caribbean Coastal Plain).

The Cretaceous strata form a monoclinial assemblage, striking east-west and dipping southwards at about twenty degrees. This monocline is broken by sub-vertical, ENE-WSW and NW-SE-trending fractures, which appear to reflect extensional displacement during the most recent deformational episodes. The tabular Haitises cover, which unconformably overlies the Cretaceous bedrock, shows only brittle extensional NW-SE deformation, clearly seen along the southwestern edge of the map area.

The main hydrogeological potential is confined to the uppermost Haitises limestones.

The Los Ranchos Formation is a favourable target for precious metal exploration, especially in areas where acid volcanic rocks crop out, revealing a number of epithermal mineralisation showings.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Situación geográfica	2
1.2	Marco geológico regional	4
1.3	Antecedentes bibliográficos.....	6
1.4	Metodología	7
2	ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA.....	10
2.1	La Fm Los Ranchos - Cretácico Inferior	10
2.1.1	Generalidades	10
2.1.2	La Fm Los Ranchos en la Hoja de Sabana Grande de Boyá	14
2.2	El Cretácico Superior	21
2.2.1	Generalidades	21
2.2.2	La Fm Las Guayabas en la Hoja de Sabana Grande de Boyá. Areniscas, grauvacas y lutitas en capas delgadas plano-paralelas (7). Lentejones de calizas detríticas (8). Cretácico Superior. K ₂	24
2.3	Las Intrusiones Tonalíticas del Cretácico (1)	25
2.4	Rocas plutónicas de edad y asignación imprecisas.....	27
2.4.1	Diques de rocas básicas.....	27
2.4.2	Pequeños domos de microtonalitas post-cretácicos (¿?) (2).....	27
2.5	La Fm Don Juan - Eoceno.....	27
2.5.1	Generalidades	27
2.5.2	La Fm Don Juan en la Hoja de Sabana Grande de Boyá. Conglomerados, areniscas y arcillas moradas (9). Eoceno. P ₂	28

2.6	Los Haitises – Plioceno-Pleistoceno.....	29
2.6.1	Generalidades	29
2.6.2	Los Haitises en la Hoja de Sabana Grande de Boyá	31
2.7	Las Formaciones superficiales cuaternarias.....	36
2.7.1	Alteritas y arcillas lateríticas.....	36
2.7.2	Abanicos aluviales de baja pendiente. Limos, arenas y gravas (14). Pleistoceno – <u>Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄</u>	36
2.7.3	Abanicos aluviales. Lutitas, limos, arenas y cantos (15). Pleistoceno – Holoceno. <u>Q₁₋₃ – Q₄</u>	37
2.7.4	Fondos de dolina y polje. Arcillas de descalcificación (16). Pleistoceno – <u>Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄</u>	37
2.7.5	Terrazas medias y bajas. Gravas, arenas y lutitas (17). Pleistoceno – Holoceno. <u>Q₁₋₃ – Q₄</u>	38
2.7.6	Fondos de valle. Cantos, arenas, gravas y limos (18). Pleistoceno – Holoceno. <u>Q₁₋₃ – Q₄</u>	38
3	GEOQUÍMICA Y DATACIONES ABSOLUTAS	40
3.1	Introducción y técnicas analíticas geoquímicas	40
3.2	Estudio geoquímico de muestras de la Fm Los Ranchos	42
3.2.1	Tipo I: Toleitas de arco isla (IAT) pobres en Ti y LREE.....	48
3.2.2	Tipo II: Toleitas de arco isla (IAT) normales y pobres en Ti	48
3.2.3	Tipo III: Rocas félsicas.....	49
3.3	Estudio geoquímico de muestras de tonalitas y cuarzo-dioritas.....	51
3.4	Estudio geoquímico de muestras de la Fm Las Guayabas	52
3.5	Dataciones absolutas.....	58
3.5.1	Descripción de las técnicas analíticas	58
3.5.2	Resultados y discusión	61

4	TECTÓNICA.....	68
4.1	Marco geodinámico	68
4.2	Estructura de la Cordillera Oriental.....	71
4.3	Características de las principales estructuras y unidades tectónicas de la Hoja “Sabana Grande de Boyá”	81
4.3.1	Las estructuras frágiles.....	83
4.3.2	Las deformaciones en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos	84
4.3.3	Las intrusiones tonalíticas de Cevicos y de Sabana, y las relaciones con su encajante.....	85
4.3.4	Las deformaciones en los terrenos sedimentarios del Cretácico Superior	85
4.3.5	La discordancia del Eoceno con el sustrato Cretácico	86
4.3.6	Las deformaciones en la cubierta plio-pleistoceno de los Haitises.....	86
5	GEOMORFOLOGÍA.....	88
5.1	Análisis geomorfológico	88
5.1.1	Estudio morfoestructural.....	88
5.1.2	Estudio del modelado	90
5.2	Evolución e historia geomorfológica	95
6	HISTORIA GEOLÓGICA.....	98
7	GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	102
7.1	Hidrogeología	102
7.1.1	Datos climáticos	102
7.1.2	Red hidrográfica	103
7.1.3	Principales puntos de abastecimiento.....	104
7.1.4	Naturaleza e interés de los principales acuíferos.....	106

7.2	Recursos minerales.....	107
7.2.1	Yacimientos e indicios minerales.....	107
7.2.2	Canteras de materiales.....	108
8	LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO	111
8.1	L.I.G. n° 1 : Facies volcánica del miembro Inferior de la Fm Los Ranchos (Cretácico Inferior)	111
8.1.1	Croquis de situación	111
8.1.2	Contenido - Motivación	111
8.1.3	Acceso.....	112
8.1.4	Observaciones y comentarios.....	112
8.1.5	Reseña bibliográfica	112
8.1.6	Fotos	113
8.2	L.I.G. n° 2 : Protusión dacítica y productos piroclásticos ácidos del Mb Intermedio de la Fm Los Ranchos (Cretácico Inferior).....	115
8.2.1	Croquis de situación	115
8.2.2	Contenido - Motivación	116
8.2.3	Acceso.....	116
8.2.4	Observaciones y comentarios.....	116
8.2.5	Reseña bibliográfica	117
8.2.6	Fotos	117
8.3	L.I.G. n° 3 : Muestras compuestas DE diferentes facies de la Fm Los Ranchos (Cretácico Inferior)	119
8.3.1	Croquis de situación	119
8.3.2	Contenido - Motivación	120
8.3.3	Acceso.....	120
8.3.4	Observaciones y comentarios.....	120

8.3.5	Reseña bibliográfica	121
8.3.6	Fotos	122
8.4	L.I.G. n° 4 : Facies detríticas de la base de Los Haitises (Fm Yanigua) y su cubierta de margo-calizas arrecifales (Fm Cevicos).....	125
8.4.1	Croquis de situación	125
8.4.2	Contenido - Motivación	125
8.4.3	Acceso.....	126
8.4.4	Observaciones y comentarios.....	126
8.4.5	Reseña bibliográfica	127
8.4.6	Fotos	127
9	BIBLIOGRAFÍA.....	129

FIGURAS

Figura 1 :	Esquema fisiográfico de la Española y localización de la Hoja de Sabana Grande de Boyá.	3
Figura 2 :	Esquema geológico de la Española y localización de la Hoja de Sabana Grande de Boyá (mod. de Lewis J.F.y Draper G.,1990, in Escuder Viruete J. <i>et al</i> , 2002).	3
Figura 3 :	Principales puntos topográficos de la Hoja Sabana Grande de Boyá, localización de los accesos y afloramientos estudiados durante la cartografía.	8
Figura 4 :	Mapa geológico de la Cordillera Oriental Dominicana.	9
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.	22
Figura 6 :	Proyección de las rocas de la Fm Los Ranchos 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) e Y-Nb de discriminación de granitoides (Pearce et al., 1984).	43
Figura 7 :	Diagramas binarios frente al MgO para las rocas de la Fm Los Ranchos.	44
Figura 8 :	Diagramas binarios SiO ₂ versus TiO ₂ , (Zr/Sm) _N y (La/Yb) _N para las rocas de la Fm Los Ranchos.....	45
Figura 9 :	Diagramas extendidos de REE para los distintos tipos de rocas diferenciados en Fm Los Ranchos agrupados en función del Mg#. Símbolos: Tipo 1 y Mb La Naviza=cuadrados; Tipo 2 y Mb Meladito=triángulos; Tipo 3 o series riolíticas=círculos y cruces; microgabros (Tipo 1)= rombos); y tonalitas y cuarzo-dioritas (Tipo 3)=círculos.	47

Figura 10 : Diagramas triangular Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980) para las rocas de la Fm Los Ranchos.	50
Figura 11 : 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.....	54
Figura 12 : 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.	55
Figura 13 : 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.	57
Figura 14 : Localización de los afloramientos muestreados para dataciones absolutas. Principales resultados. (Proyecto L-Este).	59
Figura 15 : Diagrama de concordia de la datación de la muestra JM-9304, realizada por el método U/Pb. (Hoja de Bayaguana - Proyecto-L-Este).	63
Figura 16 : Diagramas con las edades “plateau” y las isocronas realizadas por el método Ar/Ar de las muestras de granitoides (Proyecto L-Este).	66
Figura 17 : 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).	67
Figura 18 : 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).	68
Figura 19 : Principales elementos tectónicos del sistema de arco-isla circum-caribeño de edad Cretácico Superior – Eoceno. (Lewis J.F. <i>et al.</i> , 2002).	69
Figura 20 : 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).	69
Figura 21 : 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).	70
Figura 22 : 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.	72
Figura 23 : Mapa tectónico de la Cordillera Oriental Dominicana con los principales elementos estructurales.	73
Figura 24 : Campo magnético total reducido al polo, localización del Bloque L-Este y de las principales zonas de falla de la República Dominicana.	74
Figura 25 : Cortes geológicos seriados (I-II a IV-IV') de la Cordillera Oriental Dominicana. .	77
Figura 26 : Cortes geológicos seriados (V-V' a VIII-VIII') de la Cordillera Oriental Dominicana.....	78
Figura 27 : Esquema estructural de la Hoja Sabana Grande de Boyá.	81
Figura 28 : Secciones geológicas de la Hoja de Sabana Grande de Boyá.....	82
Figura 29 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio Inferior) de los polos de los planos de estratificación medidos en la Fm Los Ranchos a nivel de la Hoja Sabana Grande de Boyá (81 medidas). Indican una orientación media de la estratificación siguiendo el plano N105°E – 25°SE.....	84
Figura 30 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio Inferior) de los polos de los planos de estratificación medidos en el Cretácico Superior de la Hoja Sabana Grande	

de Boyá (45 medidas). Se observa una repartición que sigue un gran círculo, eje N20°E – 38°SO.....	86
Figura 31 : 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).	99
Figura 32 : Variaciones mensuales de la pluviometría y de las temperaturas en Cotui. Estadísticas establecidas a partir de los datos recogidos entre 1938 y 1980. (de http://www.theweathernetwork.com).	102
Figura 33 : Variaciones mensuales de la pluviometría en Monte Plata. Estadísticas establecidas a partir de los datos recogidos entre 1951 y 1978. (de http://www.theweathernetwork.com).	103
Figura 34 : Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de Sabana Grande de Boyá. Los números permiten su correlación con la Tabla 3.	106
Figura 35 : Localización y importancia de los principales canteras de la Hoja de Sabana Grande de Boyá. Los números permiten su correlación con la Tabla 5.	110
Figura 36 : Croquis de situación del LIG 1 : cantera del Pico El Chivo.....	111
Figura 37 : Croquis de situación del LIG 2 : El Bosque Arriba.	115
Figura 38 : Croquis de situación del LIG 3 : las minas de Boyá.	119
Figura 39 : Croquis de situación del LIG 4 : talud de la carretera de San Pedro-- Sabana.	125

TABLAS

Tabla 1 : Localización de los afloramientos citados en el texto.	39
Tabla 2 : Dataciones absolutas realizadas en el Proyecto L-Este.	62
Tabla 3 : Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de Sabana Grande de Boyá. Los números permiten su correlación con la Figura 34.	104
Tabla 4 : Características de los indicios vistos en la Hoja de Sabana Grande de Boyá.....	108
Tabla 5 : Características de las canteras de la Hoja de Sabana Grande de Boyá. Los números permiten su correlación con la Figura 35.....	109

FOTOS

Foto 1 : Fossil de erizo de Los Haitises (Afl. NN-9119).....	34
Foto 2 : Afl. JM-9287, LIG 1. Vista general de la cantera del Pico El Chivo.	113
Foto 3 : Afl. JM-9287, LIG 1. Toba piroclástica argilizada por la alteración meteórica que subraya las granoclasificaciones internas en la facies.	113
Foto 4 : Afl. JM-9287, LIG 1. Detalle que muestra la sucesión de micro-granoclasificaciones positivas.....	114

Foto 5 : Afl. JM-9230, LIG 2. Bellas figuras de disyunción prismática a nivel de un cuerpo de dacita.....	117
Foto 6 : Afl. JM-9230, LIG 2. Afloramiento de dacita autobrechoide, rica en cuarzo y sericita.	118
Foto 7 : Afl. JM-9022, LIG 3. Lentejones amigdaloides de basalto en matriz esquistosada verde. Aspecto de “pillow” en matriz muy cloritizada, deformada (punto 1).....	122
Foto 8 : Afl. JM-9022, LIG 3. Brecha piroclástica poligénica, con matriz cloritizada (punto 1).	122
Foto 9 : Afl. JM-9022, LIG 3. Lentejones de toba piroclástica dacítica, en un conjunto suelto cloritizado (punto 1).	123
Foto 10 : Afl. JM-9021, LIG 3. Bloque de andesita porfídica con textura masiva (punto 2).	123
Foto 11 : Afl. JM-9598, LIG 3. Andesita porfídica auto-brechoide. La textura evoca igualmente posibles “pillow” (punto 4).....	124
Foto 12 : Afl. NN-9119 - 9120, LIG 4. Banco canaliforme de conglomerado poligénico de la base de Los Haitises.....	127
Foto 13 : Afl. NN-9119 - 9120, LIG 4. Fossil en forma de “cuchillo” plantado verticalmente en las arcillas carbonatadas de la base de Los Haitises.	128
Foto 14 : Afl. NN-9119 - 9120, LIG 4. Karstificación a nivel de un banco de caliza biotritica de Los Haitises y recubrimiento con arcillas de disolución resedimentadas.....	128

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 de la Dirección General de Minería (DGM), 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 Sabana Grande de Boyá (6272-IV) está situada en el ángulo noroeste de la Cordillera Oriental Dominicana (Figura 1). Es una región poco montañosa, con altitudes comprendidas entre 50 y 500 m que culmina en la Loma de Lovatón (529 m). Atraviesa el territorio de Oeste a Este, la línea divisoria de las aguas vertiendo hacia el Norte los ríos que discurren por el Llano de San Francisco de Macoris (Vega Real) y la Bahía de Samaná ; hacia el Sur, discurren los afluentes del río Ozama que desaguan en la Llanura Costera del Caribe.

Es una región agrícola donde predomina la ganadería bovina. Anteriormente se cultivaba caña de azúcar alrededor de Sabana Grande de Boyá, sobre las márgenes de la planicie de los Haitises, pero, por falta de rentabilidad, se abandonaron las explotaciones. En el cuadrante suroeste de la Hoja, se abandonaron las tentativas de cultivo de piña tropical realizadas por la Dole Dominicana, como sustituto de la caña de azúcar. Con la ayuda de la cooperación internacional ven la luz nuevos proyectos, en particular uno para cultivar bambú con vistas a la industria del papel. En la actualidad la economía de la región descansa, principalmente, en el cultivo de hortalizas y en la actividad pastoril. La población es pobre y espera mucho del turismo en cuanto se realice el desvío de la carretera de acceso que unirá, a Santo Domingo con el Parque Nacional de Los Haitises.

La población se concentra alrededor de Sabana Grande de Boyá (14 000 habitantes) y a lo largo del camino que atraviesa el conjunto de la Hoja. Esta vía de acceso está en curso de realización y une Monte Plata con Sabana Grande a través de la pequeña aldea de Boyá, luego Sabana a Cevicos y, hacia el Sur, Cevicos a Don Juan. Aparte de este camino, no existe acceso a los relieves situados en el centro de la Hoja. Estos son difícilmente accesibles por algunas sendas o remontando el lecho de los principales ríos (río La Savita).

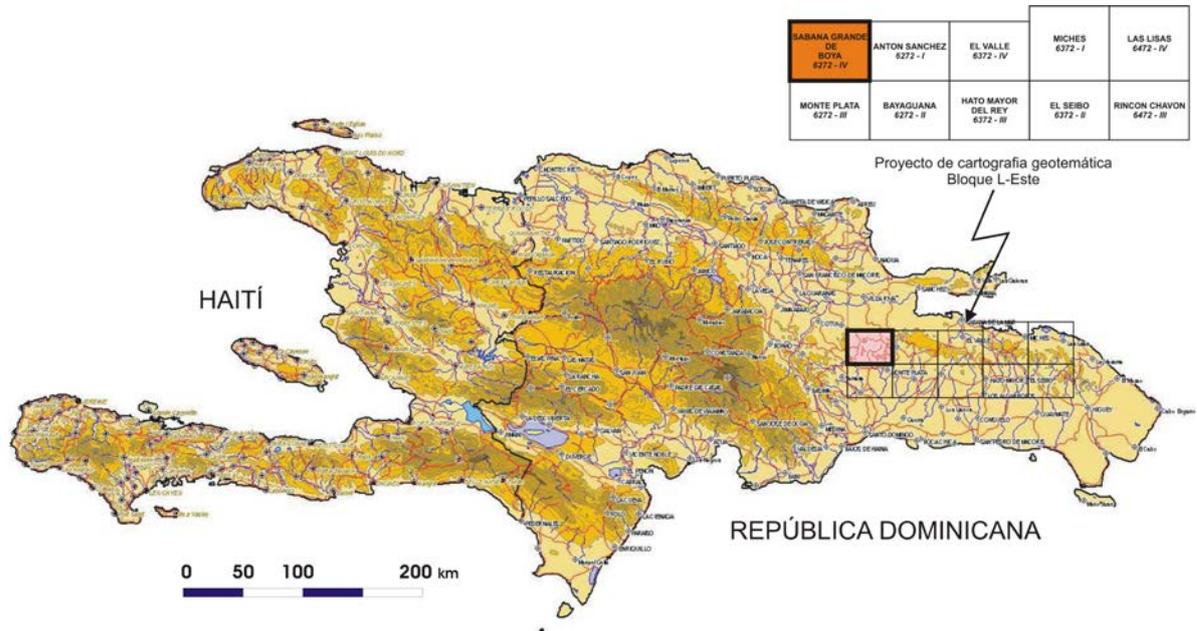


Figura 1 : Esquema fisiográfico de la Española y localización de la Hoja de Sabana Grande de Boyá.

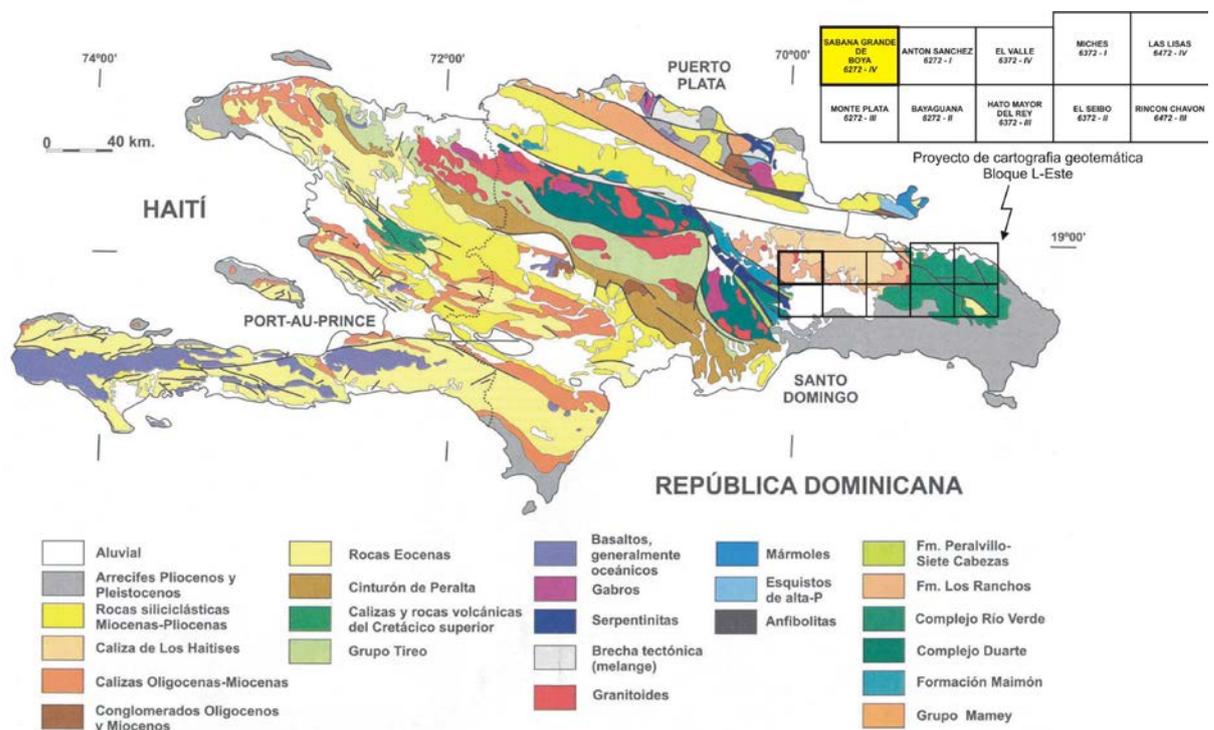


Figura 2 : Esquema geológico de la Española y localización de la Hoja de Sabana Grande de Boyá (mod. de Lewis J.F. y Draper G., 1990, in Escuder Viruete J. et al, 2002).

Desde el punto de vista administrativo, el territorio de la Hoja Sabana Grande de Boyá pertenece, en su mayoría, a la Provincia de Monte Plata. Solamente la parte situada al Oeste del río Payabo es administrado por la Provincia Sánchez Ramírez.

El clima tropical es caluroso y muy húmedo, con abundantes precipitaciones en la primavera y un corto período de sequía entre Enero y Abril. Este clima es responsable de una vegetación particularmente frondosa y de una importante alteración arcillosa del sustrato rocoso. Los afloramientos naturales son escasos y es al remontar los ríos, cuando en su lecho, existen las mejores condiciones para observar las rocas.

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 (Pindell J. L. y Barret S.F., 1990 ; Pindell 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 (colisión 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 serpentinizada (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 Sabana Grande de Boyá se sitúa en la esquina NO de la Cordillera Oriental (Figura 2). Los terrenos volcánicos y volcano-sedimentarios cretácicos ocupan la mayor superficie y constituyen el armazón de los principales relieves. En el ángulo noroeste de la Hoja, están intruídos por el batolito tonalítico de Cevicos. Las tonalitas están bien representadas al Sur de Sabana Grande. La cubierta tabular de las margo-calizas de los

Haitises ocupa todo el cuarto nordeste de la Hoja, donde engendra una morfología karstica particularmente característica. Finaliza con amplios recubrimientos cuaternarios que rellenan los principales valles o las zonas de llanuras poco inclinadas, bajo los principales relieves. El modelado de los relieves y el trazado de la red hidrográfica están condicionados por la naturaleza de las formaciones geológicas y, más profundamente aún, por la fracturación NO-SE.

1.3 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Las primeras observaciones geológicas se remontan a finales del siglo XIX. (Gabb W.M., 1881) incluye un corte transverso 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).

1.4 METODOLOGÍA

Los levantamientos del terreno se efectuaron entre Septiembre y Noviembre de 2002. Se apoyaron en el estudio de fotos aéreas a escala aproximada de 1/30 000. Todos los puntos de afloramientos, y los accesos utilizados en vehículos 4x4, fueron georeferenciados utilizando un GPS Garmin 12XL (Figura 3). Los trabajos de gabinete se fueron realizando a medida que avanzaban los trabajos de campo y se plasmaron sobre 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, luego del levantamiento, estuvieron ligadas a las condiciones de afloramiento muy mediocres, por el hecho del fuerte recubrimiento vegetal y la ausencia de acceso a numerosos sectores. Por otra parte, el período Septiembre- Noviembre 2002 fue muy lluvioso, lo cual no permitió utilizar fácilmente la red hidrográfica.

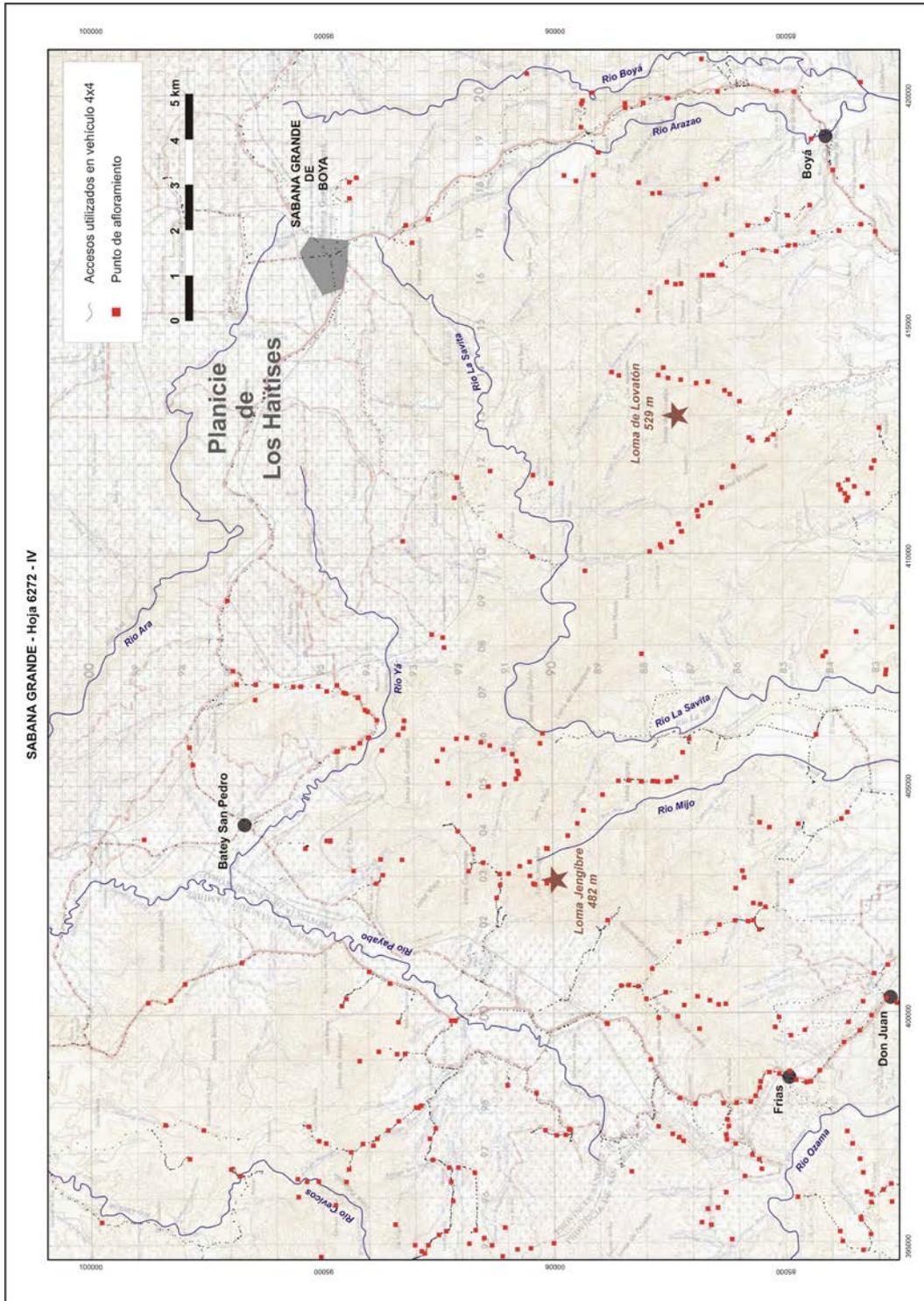


Figura 3 : Principales puntos topográficos de la Hoja Sabana Grande de Boyá, localización de los accesos y afloramientos estudiados durante la cartografía.

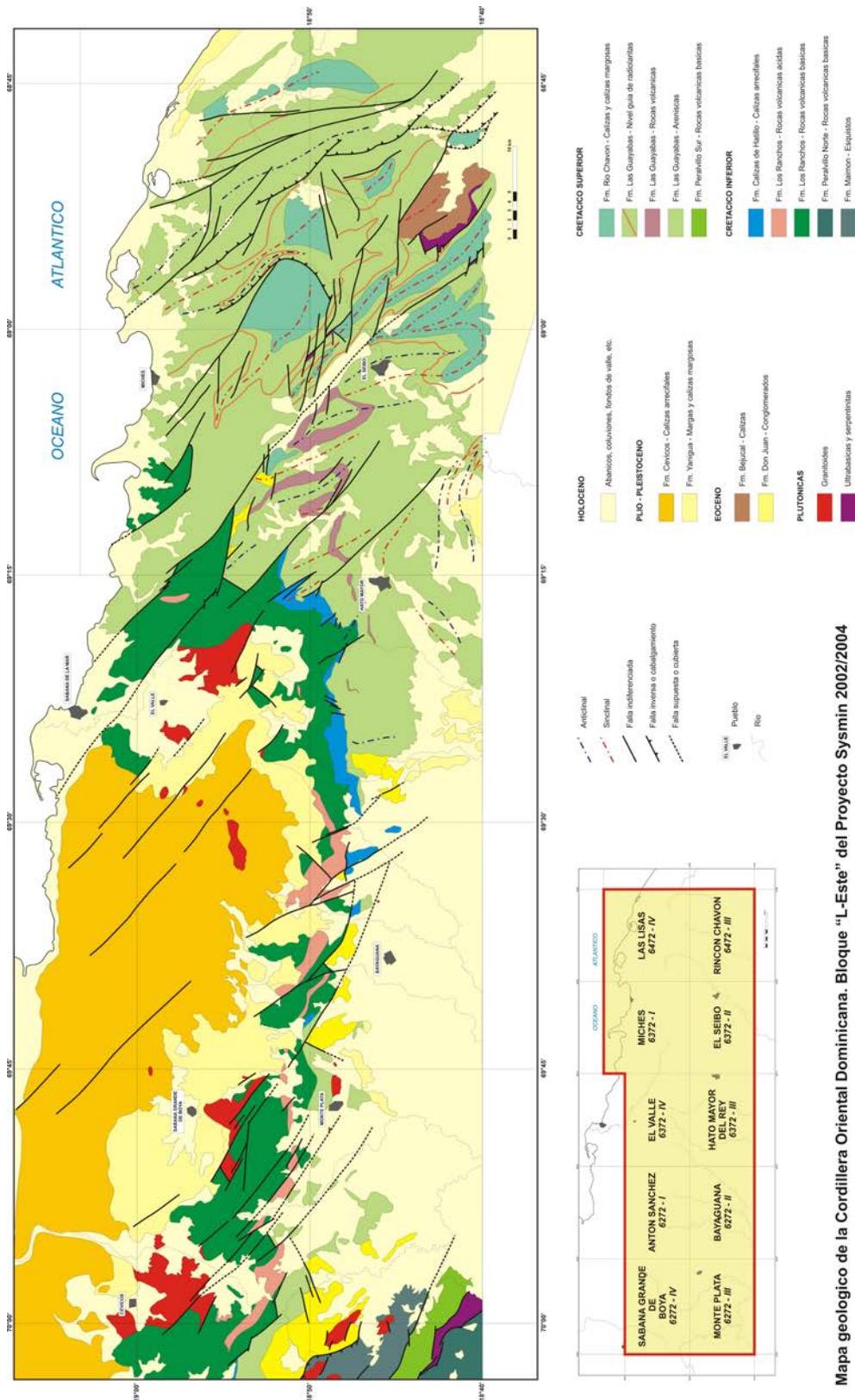


Figura 4 : Mapa geológico de la Cordillera Oriental Dominicana.

2 ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA

El territorio de la Hoja de Sabana Grande de Boyá (Figura 4) está cubierto por una panoplia muy completa de los terrenos reconocidos en el conjunto de la Cordillera Oriental Dominicana. El Cretácico Inferior está representado por la Fm Los Ranchos que forma los principales relieves de la región. Al NO y en la parte Centro-Este, esta formación tiene predominancia de volcanitas intruidas por el batolito tonalítico de Cevicos. Todo el límite sur de la Hoja está cubierto por los terrenos sedimentarios del Cretácico Superior, con la Fm Las Guayabas. En el extremo del ángulo SO, afloran los conglomerados eocenos de la Fm Don Juan, en tanto, en el cuarto NE de la Hoja, predominan las margo-calizas de los Haitises atribuidas al Plio-Pléistoceno. Por último, los recubrimientos cuaternarios, están bien representados en el valle del río Payabo y también al Sur, en los glaciares que anuncian la Llanura Costera del Caribe.

2.1 LA FM LOS RANCHOS - CRETÁCICO INFERIOR

2.1.1 Generalidades

La Fm Los Ranchos constituye una franja volcano-sedimentaria, definida inicialmente por Bowin C. (1966) en los alrededores del célebre yacimiento de oro de Pueblo Viejo (1) del que constituye su roca de caja. Representa una serie volcánica de arco insular "primitivo" atribuido al Cretácico Inferior (Kesler S.E. *et al*, 1991 ; Mann P. *et al*, 1991). Está débilmente metamorfizada (facies pumpelita-prehnita), y localmente, es instruida por batolitos de composición tonalítica, emplazados al final del Cretácico Inferior y durante el Cretácico Superior (100-80 Ma).

A la escala de la Cordillera Oriental (Figura 4), la zona de afloramientos de la Fm Los Ranchos dibuja toscamente la forma de una media luna curvada hacia el Norte. Sus dimensiones son de alrededor de 100 km de largo por 10-15 km de ancho. Hacia el Oeste,

1 Pueblo Viejo es un yacimiento epitermal de alta sulfuración de Au-Ag. Entre 1975 y 2000, la explotación de la parte oxidada del yacimiento produjo cerca de 5,5 Moz (170 t) de oro y 25 Moz (780 t) de plata. En cuanto a la parte sulfurada los cálculos más recientes nos llevan a reservas de 200 Mt @ 2,95 g/t Au y 18 g/t Ag, o sea, cerca de 20 Moz (600 t) de oro y más de 100 Moz (3600 t) de plata. Por sus pasadas producciones, así como por el estado de sus reservas, Pueblo Viejo se considera como uno de los más importantes yacimientos de oro y plata del mundo.

en la región de Cevicos y Cotui, desaparece bajo el cabalgamiento de Hatillo. Al Este, en la región de El Valle y Sabana de la Mar, se hunde hacia el Norte, antes de interrumpirse en la falla de desgarre "río-Yabon". Hacia el Norte queda en parte oculta por la cobertura sedimentaria plio-pleistoceno de los Haïtises. Hacia el Sur se encuentra recubierta por la Fm Caliza de Hatillo (Aptiano-Albanio), o directamente por las turbiditas de la Fm Las Guayabas (Cretácico Superior), incluso hasta por los recubrimientos cuaternarios de la Planicie Costera del Mar Caribe.

2.1.1.1 La Formación Los Ranchos en la zona del distrito minero de Pueblo Viejo

En 1991, Kesler S.E. *et al* propusieron una organización litostratigráfica de la formation, basada esencialmente en los trabajos de cartografía realizados en la periferia del yacimiento de Pueblo Viejo. La Fm Los Ranchos se subdividió en seis miembros superpuestos :

- en la base, el Miembro Cotui formado por flujos de lavas submarinas basálticas ;
- el Miembro Quita Sueño, representa un episodio volcánico ácido con presencia de lavas, pisoclásticas e intrusivas ;
- el Miembro Meladito se caracteriza por potentes acumulaciones de rocas volcanoclásticas ;
- el Miembro Platanal/Navisa marca un nuevo episodio eruptivo, con predominancia de basaltos y de andesitas ;
- en el techo se encuentran las brechas del Miembro Zambrana además de los sedimentos volcanoclásticos finos del Miembro Pueblo Viejo, relleno del cráter de una caldera volcánica. Estas facies particulares constituyen el encajante principal del yacimiento aurífero. En los niveles finos limo-areniscos y carbonatados del Miembro Pueblo Viejo, Smiley C.J. (1982) describió los vegetales fósiles atribuidos al Neocomiano.

Recientemente, los trabajos de Nelson C.E. (2000) vienen a contradecir la aparente simplicidad de esta organización estratificada. En efecto, la cartografía detallada a la escala del distrito minero y la interpretación de numerosos sondeos realizados en el

yacimiento de Pueblo Viejo, condujeron a Nelson C.E. a considerar la existencia de tres facies principales más o menos sincrónicas, que se interdigitan a escala del yacimiento imposibilitando la defcorrelación de estratigrafía. En el seno de la Formación, Nelson C.E. distinguió :

- volcanitas de composición andesítica, incluyen términos lávicos, piroclastitos e intrusivos ;
- un conjunto de rocas epiclásticas, con brechas gruesas, tobas medios y finos; la facies más gruesa corresponde al Miembro Meladito, la más fina al Miembro Pueblo Viejo ;
- volcanitas ácidas de composición dacítica, con intrusiones y productos piroclásticos.

Todas estas facies son más o menos contemporáneas. Las epiclásticas son el resultado del desmantelamiento de los domos, coladas y/o productos piroclásticos, que son de composición andesítica o dacítica ; están repartidas en la periferia de los diferentes centros emisivos. De esta forma el autor explica la interdigitación de las diferentes facies, y las rápidas variaciones de potencia que presentan.

Las conclusiones de los diferentes trabajos realizados en el distrito de Pueblo Viejo (Kesler S.E. *et al*, 1991 ; Nelson C.E., 2000) muestran lo difícil que resulta encontrar unanimidad en lo concerniente la naturaleza, la disposición y la interpretación de las diferentes facies que constituyen la Formación Los Ranchos.

2.1.1.2 La Formación Los Ranchos en la Cordillera Oriental

Hasta ahora no existía una descripción geológica muy detallada de la Fm Los Ranchos a escala de la Cordillera Oriental. Los datos cartográficos recogidos en los “Special Paper 262 - plates 2B et 3” se obtuvieron, esencialmente de la tesis de Bourdon L. (1985). No se hizo distinción alguna en la Formación Los Ranchos, representada bajo el calificativo de “indiferenciada”. Las únicas distinciones eran las concernientes al distrito de Pueblo Viejo, del que ya hablamos previamente (Kesler S.E. *et al*, 1991)

En el marco del Proyecto SYSMIN, la Formación Los Ranchos ha sido reconocida y cartografiada en las Hojas de Sabana Grande de Boyá, Monte Plata, Antón Sánchez, Bayaguana, El Valle, Hato Mayor del Rey y Miches.

De forma general, se pueden diferenciar tres sub-conjuntos principales en la Formación :

- un Miembro Inferior, reconocido principalmente en las Hojas de Sabana Grande y de El Valle, compuesto principalmente de brechas piroclásticas poligénicas en las cuales se intercalan frecuentes niveles de lavas básica (basaltos, menos frecuentemente andesitas), así como horizontes volcanoclásticos finos, bien estratificados. Las brechas que afloran, generalmente en bolos de varios metros de diámetro, son de muy variada granulometría, textura y composición. La potencia de este conjunto es superior a 1500 m. El muro no es conocido, pues las zonas más profundas están en contacto con las intrusiones tonalíticas.
- un Miembro Intermedio, bien individualizado en las Hojas de Sabana Grande, Bayaguana, Antón Sánchez, y en menor medida en las de Hato Mayor y El Valle. Está compuesto por lavas ácidas, dacíticas y riódacíticas, a las que se asocian productos piroclásticos tobáceos y epiclastitas, con predominantemente ácidos. Esta unidad, es de espesor variable según los sectores. Lenticular en la Hoja de El Valle, puede alcanzar más de 1000 m en ciertas zonas de las Hojas de Sabana Grande y Bayaguana. Es muy característica dada la naturaleza y el color de las rocas que la componen, generalmente de tonos beige-amarillentos a rosáceos. También presenta una cobertura vegetal muy particular producto de la riqueza silíceo de las rocas que la componen.
- un Miembro Superior compuesto por productos piroclásticos andesíticos, principalmente brechas y aglomerados monogénicos, pero también con intervalos masivos más o menos importantes de andesitas y de basaltos porfídicos. Estos últimos están bien definidos en la Hoja de Bayaguana (El Pan de Azúcar), así como en la Hoja de Hato Mayor y en el ángulo SE de la Hoja de El Valle, justo bajo la cobertura discordante de la Formación Caliza de Hatillo.

Tomando en consideración la excepcional importancia económica de la Formación Los Ranchos, es muy probable que numerosos trabajos geológicos vengán a completar, confirmar y/o anular estas conclusiones e interpretaciones.

2.1.2 La Fm Los Ranchos en la Hoja de Sabana Grande de Boyá

La Fm Los Ranchos constituye un conjunto monoclinial de dirección E-O, con un buzamiento de unos treinta grados hacia el Sur. Esta serie monoclinial está cortada por una red de fallas NO-SE, que desplazan los contactos de forma dextral.

La alteración supergénica de las rocas, debido a las condiciones climáticas tropicales, y la naturaleza discontinua de los afloramientos, impiden apreciar bien las relaciones y la disposición de las diferentes facies. No obstante es posible distinguir los tres conjuntos que caracterizan la Formación; estando estos desigualmente representados :

- el Miembro Inferior, con un espesor total de, al menos 2500 m, es el de mayor superficie aflorante. Hacia el Norte se pone en contacto con los granitoides intrusivos ;
- el Miembro Intermedio de volcanitas y volcánico-clásticas ácidas, constituye un nivel casi continuo que cruza todo el Sur de la Hoja siguiendo una dirección E-O, con una potencia comprendida entre 500 y 1000 m ;
- el Miembro Superior es el de menor representación superficial, debido principalmente a los recubrimientos cuaternarios que enmascaran los afloramientos al Sur de la Hoja. Su espesor es sin duda superior a los 1000 m.

2.1.2.1 Fm Los Ranchos. Mb Inferior. Predominancia de brechas volcanoclásticas y de volcanitas de composición básica a intermedia (3). Cretácico Inferior. K1

Es un potente conjunto en el que el espesor supera los 2500 m, y que tiene asociadas:

- lavas de composición básica a intermedia : basalto, y en menor medida, andesita en coladas y/o protusiones ;

- productos volcanoclásticos primarios : brechas y tobas piroclásticas provenientes de proyecciones, nubes ardientes, debris, etc.;
- productos volcanoclásticos secundarios o epiclastitas ; la estratificación es siempre bien visible y genera bancos individualizados con espesor centimétrico a decimétrico.

2.1.2.1.1 Las facies efusivas o de flujo

En general, las lavas aparecen como rocas alteradas de color verde-marrón, con disyunción en bloques generalizada. El grano va de fino a medio, punteado por finos cristales y vestigios, marrón-oxidado, cuando se trata de ferromagnesianos alterados, y beige-blanquecinos cuando se trata de feldespatos alterados. Las vesículas son frecuentes, a menudo orientadas, con un relleno característico de cuarzo-carbonatos. Estas lavas son en su mayoría de composición básica (basalto) como lo testimonian los productos de alteración supergénica con epidota-clorita siempre macropunteadas y por su color bien diferenciadas. (arcillas rojas)

Localmente se han observado ciertas facies características que merecen ser mencionadas :

Basalto vacuolar, en colada con disyunción prismática : este es el caso de ciertos afloramientos en el flanco norte de la Loma Jengibre, en el Arroyo Arroyon (JM-9527 y 9528), y en el talud del camino que conduce a la planicie de la Loma Comadreja (JM-9242). La disyunción prismática es característica, en columnas de 15-20 cm de diametro. En lámina delgada, la textura microlítica está bien definida por las agujas de plagioclasa, de anfíbol y de productos ferro-titaníferos en fase vítrea. Los ferromagnesianos tienen un principio de alteración a carbonato/clorita secundarios. El relleno de las vesículas es de carbonatos, epidota/clorita, y cuarzo.

Lava autobrechificada : se trata de una lava básica con estructura fluidal que engloba bloques y fragmentos pluricentimétricos, de igual composición, pero ricos en vacuolas y amígdalas centimétricas con relleno de cuarzo secundario. El perímetro de los elementos es, en ocasiones, difícilmente identificable, su estructura es heterogénea, brechoide (JM-9514).

2.1.2.1.2 Productos volcanoclásticos primarios

Las **brechas piroclásticas** afloran frecuentemente ; se presentan en general bajo la forma de bloques plurimétricos dispersos en las parte alta o en los flancos de los principales relieves. Son brechas poligénicas y heterométricas compuestas por bloques y fragmentos de roca volcánica, cementados por material igualmente volcánico. Los elementos están, en general, inconexos, a menudo angulosos y bien resaltados por el juego de la alteración meteórica diferencial. No se observa ninguna clasificación o selección granulométrica. La naturaleza y la proporción de los elementos y de la matriz varía según los sectores.

Las **facies tobáceas piroclásticas** afloran en el talud de las carreteras y en algunas canteras con actividad intermitente. Tal es el caso de la cantera situada al Sur del Batey Hato San Pedro, en el flanco norte del Pico El Chivo (JM-9287). Se trata de piroclásticas con cristales y lapillis de composición andesítica con alternancia pluricentimétricas de lechos granoclasificados de color verdoso. Los lapillis son milimétricos, y están constituidos por fragmentos angulosos de andesita con textura variada (porfírico, microlítico). Se asocian con pequeños clastos de plagioclasas y muy raramente de anfíbol. Todo está cementado por una matriz con microlitos de anfíbol, de plagioclasas y productos de ferro-titaníferos. La clorita y la epidota se desarrollan secundariamente en esta roca, pigmentada por minerales marrones y opacos.

2.1.2.1.3 Las rocas volcanoclásticas secundarias o epiclásticas

Las epiclastitas son relativamente frecuentes en el Miembro Inferior de la Formación, en el territorio de la Hoja de Sabana Grande de Boyá, lo cual es una particularidad pues no se observan tantos niveles de épicasitas en las Hojas vecinas de El Valle o de Bayaguana. Debido a su origen sedimentario, estas facies presentan una clara estructuración en la que se puede medir fácilmente la dirección y el buzamiento.

En la vertiente oriental de la Loma La Naviza (JM-9124, 9125, 9127), e igualmente en el flanco norte de la Loma Jengibre (JM-9241,9242, 9243), aparecen en el talud de los caminos. Están compuestas por alternancias de bancos de espesor centimétrico a decimétrico, con estratificación plana y regular. Los bancos, de color claro, están silicificados, fracturados en esquila, con un bandeado milimétrico discreto. Corresponden a una acumulación de restos piroclásticos cuarzosos finos. Están separados por

intercalaciones poco consolidadas, más sensibles a la alteración meteórica, en las que se puede observar la presencia de fragmentos angulosos centrimétricos, poligénicos, mal cementados por una matriz arcillosa. Son microbrechas y grauvacas con fragmentos líticos. No resulta excepcional la presencia de silto-pelita, en lechos y niveles centimétricos de color verde-claro.

Se observaron facies equivalentes (JM-9549, 9551) a lo largo del camino que une el Batey Santa Rosa con el de Hato San Pedro en la parte norcentral de la Hoja.

2.1.2.2 Fm Los Ranchos. Mb Intermedio. Volcanitas y volcanoclásticas ácidas (4 y 5). Cretácico Inferior. K₁

En el seno de este conjunto, con un espesor comprendido entre 500 y 1000 m, se han individualizado dos sub-tipos :

- una facies con predominancia de volcanoclastitas ácidas en bancos bien estratificados y ordenados ;
- una facies lávica (dacita-riodacita), que se presenta en domos y pitones intrusivos, de tamaño pequeño, geográficamente asociada a la facies precedente.

2.1.2.2.1 Fm Los Ranchos. Mb Intermedio. Volcanoclásticas ácidas bien estratificadas (4). Cretácico Inferior. K₁

También aflora en las Hojas vecinas de Antón Sánchez y Bayaguana ; este nivel guía es visible en diferentes lugares de la Hoja de Sabana. Este es el caso del talud del camino que une Monte Plata con Boyá, a la entrada del pueblo de La Mina (JM-9030), pero sobre todo en la cantera principal de Boyá (JM-9022).

En esta cantera (JM-9022) descansa en disarmonía tectónica (contacto cizallante paralelo a la estratificación) sobre basaltos con vesículas de clorita, en lentejones y almohadillas decimétricas :

- en su base, es un conjunto homogéneo y monótono de 20 a 30 m de espesor, de brecha piroclástica poligénica con elementos centimétricos embutido, en una matriz gris-cloritizada muy deleznable ;
- hacia el techo continúa unos 15-20 m, con un horizonte particular, de lentejones y bandas de piroclásticas de composición dacítica (muestra JM-9212). Estas rocas, grises, finamente porfídicas, muestran al microscopio fenocristales parcialmente automorfos (rotos y corroídos) de plagioclasa y cuarzo. La roca está silificada, dura, con fractura concoidea. En la base se presenta lentejones con espesores de 10 a 20 cm y de longitud métrica, en un conjunto menos consolidado, greso-cloritizado que se vuelve progresivamente masivo y homogéneo yendo hacia la parte superior de este horizonte ;
- con un espesor de 20 m aparece nuevamente una brecha piroclástica ácida (muestra JM-9213) constituida por fragmentos y lapillis de roca volcánica de composición variada (dacita, andesita) y por cristales de cuarzo y de plagioclasa, bien cementados por una matriz micro a criptocristalina ;
- este conjunto está coronado por al menos 25 m de productos volcanoclásticos finos, de tono gris-verdoso pálido, de estructura laminada y granoclasificada, que se presenta en bancos de espesor centimétrico a decimétrico muy bien estratificados. La monotonía de esta facies se interrumpe por la presencia de un horizonte centimétrico silto-pelítico, marrón, con óxidos de manganeso.

Este nivel reaparece en el Suroeste de la Hoja, en facies similares. El corte más representativo está situado en la trinchera de la antigua vía férrea, a medio camino entre Batey Frías y Batey Hoyo de Pun (JM-9097, 9098 y 9099). Aquí, sobre cerca de 250-300 m de corte, se observa una sucesión de microbrechas escoriáceas y de tobas cineríticas perfectamente estratificadas, con frecuentes estructuras de granoclasificación. Aunque el conjunto parece homogéneo, presenta una fuerte alteración hidrotermal, silificación, piritización, y argilización, que oblitera en gran parte la naturaleza y las estructuras primarias de la roca.

2.1.2.2.2 Fm Los Ranchos. Mb Intermedio. Cuerpos masivos de dacita-riodacita (5). Cretácico Inferior. K₁

Localmente, la facies dominante del Miembro medio de la Fm Los Ranchos es una dacita porfídica que ha sido reconocida en tres sectores diferentes de la Hoja :

- En la parte central del límite oeste, en el lugar conocido como **Los Mapolos** (JM-9120). Se trata de una cantera abierta intermitente en rocas con facies de volcanoclastitas ácidas. Se observa un potente nivel interestratificado de dacita porfídica, una lava masiva y homogénea, de color muy blanco, con cristales automorfos de cuarzo de sección cuadrada cercana a un centímetro de lado. La mesostásia es blanca, microcristalina, con albita dominante. El conjunto esta muy caolinizado y la facies tiene mucha similitud con la de la explotación de feldespatos de El Bebedero, en la Hoja de Bayaguana.
- En el Suroeste de la Hoja, las colinas de **El Bosque Arriba** (JM-9230) corresponden probablemente a antiguos centros de emisión de lava ácida. Pueden observarse en toda la periferia numerosos afloramientos de brecha monogénica, de lava autobrechificada y de aglomerados de composición ácida. La facies es muy característica debido a su color gris-blanco, su aspecto satinado producto de la presencia de sericita, y su textura porfídica. Los fenocristales son de cuarzo y de plagioclasas. La alteración meteórica resalta localmente bellas figuras de disyunción prismática, de talla métrica.
- En el ángulo sureste de la Hoja, a la entrada del pueblo de **Boyá**, una antigua cantera se localiza sobre lo que parece ser igualmente un centro de emisión fósil (neck) de lava ácida (JM-9029 y 9215). Macroscópicamente la facies es una lava porfídica con matriz rosa-violácea. En lámina delgada, la presencia de finos elementos de lava y de clastos de cuarzo y de plagioclasa la asemejan al tipo "ignimbrita dacítica". En el mismo sector, el dique dacítico de **Mana** (JM-9600) presenta una textura hialo-esferulítica, que testimonia un rápido enfriamiento de la lava.

2.1.2.3 Fm Los Ranchos. Mb Superior. Predominancia de lavas de composición básica o intermedia (6). Cretácico Inferior. K₁

Aflora mal y su reconocimiento sólo se basa en un número muy limitado de afloramientos.

En el ángulo SE de la Hoja, al Norte de Monte Plata, la fácies típica es una andesita porfídica de color gris claro, que ha sido transformada por la alteración supergénica, en arena suelta. Se observa también en las antiguas canteras al Noroeste de Boyá (JM-9021 y 9598) donde ciertas figuras evocan la existencia de lava auto-bréchoide, incluso de posibles estructuras almohadilladas.

En el ángulo SO de la Hoja, se ha atribuido al Miembro superior de la Fm Los Ranchos, un conjunto de brechas y pseudo-conglomerados muy arcillosos, debido a la alteración supergénica, que se deposita sobre las volcanoclastitas ácidas del Miembro intermedio. Es visible en diferentes lugares a lo largo del viejo camino que une Batey Frías con el pueblo La Guazuma. La facies es diferente a la de la región de Monte Plata dado que se trata, sobre todo, de una brecha cuyos elementos tienen tamaños muy heterogéneos, entre centimétricos a pluridecimétricos, no soldada y con perímetros muy suavizados, incluso redondeados. Están embebidos en una matriz de cuarzo y feldespato completamente argilizada. Los elementos son poligénicos con predominancia de bloques y fragmentos de lava básica con vesículas. Esta facies no corresponde con una brecha piroclástica, sino que parece asemejarse a un depósito sedimentario de tipo "debris flow", producido bajo el efecto de corrientes gravitatorias en un entorno submarino de talud continental.

2.1.2.4 Fm Los Ranchos. Facies metamórficas en los contactos con las rocas intrusivas tonalíticas

A nivel cartográfico, estas facies no se han individualizado, porque están limitadas a la inmediata proximidad de los macizos tonalíticos intrusivos. No obstante son suficientemente características para citarlas brevemente.

Macroscopicamente, el efecto del metamorfismo sobre las facies de la Fm Los Ranchos se traduce en un oscurecimiento y silicificación de la roca. La roca toma el aspecto de una cuarcita muy fina o de un chert negro, con fractura concoidal o de esquirla; cristales milimétricos de pirita puntúan la roca.

Cerca de la vieja estación de bombeo de Sabana Grande, en el río Arazao (JM-9063), las facies son moteadas : las volcanoclasticas están salpicadas por pequeñas motas negras del grosor de una lentilla, destacando por el juego de la alteración meteórica diferencial. Se trata, muy probablemente de porfiroblastos de nueva formación con minerales de metamorfismo : andalucita, cordierita y clorita.

En las canteras situadas en la periferia este de Sabana Grande (JM-9564), las volcanoclasticas han conservado su aspecto, pero están fuertemente impregnadas de piritita, presentando alteraciones de productos azufrados amarillos. En lámina delgada, la roca está enteramente recristalizada ; cristales de plagioclasa y de un anfíbol de tipo actinolita con textura intersecetal.

2.2 EL CRETÁCICO SUPERIOR

2.2.1 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.

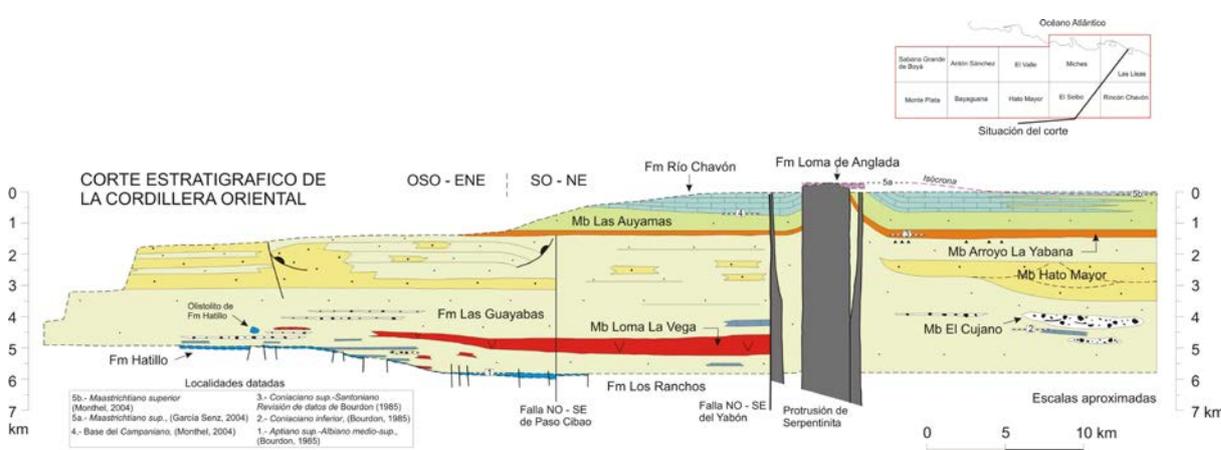


Figura 5 : Corte estratigráfico sintético de las unidades estratigráficas y las facies del Cretáceo Superior de la Cordillera Oriental. Se ha realizado con la información de la cartografía y cortes geológicos seriados.

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.

2.2.2 La Fm Las Guayabas en la Hoja de Sabana Grande de Boyá. Areniscas, grauvacas y lutitas en capas delgadas plano-paralelas (7). Lentejones de calizas detríticas (8). Cretácico Superior. K₂

Los afloramientos de la Fm Las Guayabas están limitados al cuarto suroeste de la Hoja, a lo largo del camino que une los pueblos de Don Juan y de Frías. Al Centro-Sur, en la región de El Dean, emergen algunas colinas con sustratos del Cretácico Superior, a través de los recubrimientos cuaternarios.

Los terrenos de la Fm Las Guayabas son directamente transgresivos sobre la Fm Los Ranchos, pues en ningún lugar de la Hoja Sabana, se observó la Fm Calizas de Hatillo.

La facies basal, se observa en una pequeña cantera (JM-9044), activa intermitentemente, a la salida del pueblo de El Dean. Es un microconglomerado poligénico, de fragmentos milimétricos angulosos de volcanitas y cantos rodados centimétricos de micrita color gris-beige. Esta facies está intercalada con niveles silto-pelíticos negro a marrón-ferruginoso.

Lo esencial de la formación corresponde a los bancos plurimétricos de arenitas y lutitas (7), marrón a beige-amarillento, intensamente deformadas con microestructuras de deslizamiento (slumping), indicando así, la inestabilidad del medio en el cual se depositaron. La monotonía de esta facies se ve localmente perturbada por la presencia de :

- niveles arcillosos y arcillo-feldespáticos, en bancos de potencia centimétrica a decimétrica ;
- lentejones de varios metros de espesor de caliza detrítica y de micrita negra (8), masiva, en los que la estratificación está marcada por el alineamiento de "pavesas" negras, centimétricas. Esta facies carbonatada se observa al Este de Frías, en una cantera abandonada (JM-9069) situada en la orla de la antigua vía férrea.

Desde el punto de vista estratigráfico, en dos muestras de areniscas arcillosas (JM-9044 y 9065) no se encontró microfauna significativa que permitiera definir de manera precisa la datación, por lo que queda arbitrariamente atribuida al Cretácico Superior.

2.3 LAS INTRUSIONES TONALÍTICAS DEL CRETÁCICO (1)

En la superficie de la Hoja se han reconocido dos cuerpos principales :

- en el ángulo noroeste, se localiza el macizo de Cevicos que cubre más de 50 km² . La alteración superficial (arenización) es el origen de la toponimia local con la Loma de Arenoso ;
- en el Centro Este, se sitúa el macizo de Sabana Grande, que da lugar al afloramiento de la Loma Colorado, y se reencuentra más al NE en forma aislada en la cobertura de los Haitises, en el Monte Claro.

En el conjunto de estos intrusivos la arenización es generalmente importante y puede alcanzar más de 10 m de espesor. Proporciona un suelo suelto, poco consolidado, de color rosáceo y propicio para el cultivo. Muy a menudo se observa la roca “fresca” en forma de bolas que “flotan” en las arenas producidas por alteración meteórica.

Las características petrográficas de las dos intrusiones son análogas ; es más que seguro que se trate de una fase intrusiva posterior a la Fm Los Ranchos, pero anterior al depósito de los sedimentos de la Fm Don Juan del Eoceno.

Estos cuerpos son intrusivos en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos y engendran, en sus bordes, un metamorfismo de contacto de extensión e intensidad reducidos. Anteriormente se indicaron las transformaciones petrográficas y mineralógicas perceptibles en el encaje inmediato de las rocas intrusivas.

Los contactos con el encajante están en general débilmente inclinados. El contorno sigue con bastante regularidad las curvas de nivel :

- para el macizo de Cevicos, esto es así al Sur del Batey Hato San Pedro, donde la extensión cartográfica del granito se limita esencialmente a la depresión del río

Payabo. Por encima de una cierta cota, encontramos "cerros-testigos" de la Fm Los Ranchos, como en el caso de las cumbres de Sabana de la Paciencia y de Cuesta Blanca ;

- igual ocurre en el macizo de Sabana, en las colinas situadas en el Oeste del río Arazao.

Estas observaciones muestran que el macizo tonalítico está presente a poca profundidad y que su techo es casi horizontal.

La facies de las tonalitas de Cevicos y de Sabana es extremadamente monótona. Es una roca granuda, clara, con grano medio y textura isogranular (JM-9167, 9176), constituida por :

- cuarzo en cristales limpios, ligeramente deformados; algunos con secciones cuadradas de cerca de 1 cm de lado ;
- plagioclasa automorfa, a menudo alterada en su centro con la formación de epidota ;
- anfíbol muy frecuentemente alterado a anfíbol secundario fibroso de tipo actinolita, con asociaciones de clorita-epidota.

A los lados de los cuerpos intrusivos, y siempre cerca de los contactos con el encajante, se encuentra una facies oscura, de tipo gabro/diorita (JM-9105, 9130 y 9177). Su textura es granuda o granofídica a porfiroide, con fenocristales de plagioclasa en una matriz con blastos de plagioclasa, piroxeno, y asociación simpléctica de cuarzo-plagioclasa. Los opacos son abundantes, asociados con preferencia al piroxeno y a neoformaciones de biotita y de anfíbol. Estas facies se circunscriben sólo a una aureola, poco potente, que bordea los intrusivos que, como se ha dicho, presentan en conjunto una petrografía muy uniforme sin zonalidad aparente

2.4 ROCAS PLUTÓNICAS DE EDAD Y ASIGNACIÓN IMPRECISAS

2.4.1 Diques de rocas básicas

Varios diques de roca básica afloran en el talud del nuevo camino que conduce de Don Juan a Cevicos, pero no están representados en la Hoja dada su poca potencia y su extensión desconocida. Son filones de potencia decimétrica, que cortan las volcanitas de la Fm Los Ranchos. Presentan una estructura perfectamente simétrica, con la parte central formada por una roca microgranuda verde con textura de tipo dolerita-diabasa, y en las costados, una facies claramente orientada, de color mucho más claro. No se pudo obtener ninguna muestra bastante fresca para el examen microscópico y la determinación litológica precisa.

2.4.2 Pequeños domos de microtonalitas post-cretácicos (¿?) (2)

El afloramiento más característico está localizado en la ribera este del río La Savita, a medio camino entre Cacique y El Dean, en el límite sur de la Hoja. Aparecen como bolas de tonalita microgranuda, beige claro, con plagioclasa, biotita y cuarzo (JM-9041). La facies es aparentemente intrusiva en las silto-pelitas del Cretácico Superior y ocasiona un ligero relieve con un suelo arenoso.

Una facies equivalente se observó más hacia el Noroeste en la Loma de Hoyo de Pun (JM-9589), y varios afloramientos similares se conocen en la periferia de Monte Plata, en la Hoja de Monte Plata.

2.5 LA FM DON JUAN - EOCENO

2.5.1 Generalidades

Como consecuencia de las deformaciones acaecidas a principios del Terciario, los sedimentos cenozoicos del bloque oriental se disponen discordantemente sobre el irregular paleorrelieve integrado por el conjunto volcánico-sedimentario cretácico y sus intrusiones asociadas.

La Fm Don Juan constituye la unidad la más típica del conjunto paleógeno de la región, fácilmente identificable tanto por sus características litológicas como por sus tonos rojizos de

tendencias violáceas. Su denominación como Fm Don Juan se debe a Bowin C. (1966) que agrupó en ella un conjunto de rocas sedimentarias con niveles de tobas, aflorante entre el cabalgamiento de Hatillo y la localidad de Don Juan.

En la misma zona, Boisseau M. (1987) identificó un conglomerado basal derivado de la denudación de rocas volcánicas, cuyo depósito relacionó con una fase de deformación finicretácica, sobre el que se dispone una serie detrítica asignada al Paleoceno Inferior-Medio; discordante sobre él, describió una serie eminentemente calcárea del Paleoceno Medio que, al menos en parte, correlacionó con la Fm Loma Caballero (Bowin C., 1966). Casi simultáneamente, Domínguez H.S. (1987) agrupó las litologías descritas en una Fm Don Juan caracterizada por tres tramos: basal, constituido por conglomerados, limos y areniscas; intermedio, formado por calizas, limos y areniscas; y superior, integrado por areniscas de origen volcanoclástico y limolitas oscuras. Esta división se mantuvo, con ciertas modificaciones, en la ejecución de las Hojas a escala 1:50 000 de Hatillo y Villa Altagracia correspondientes al Proyecto C de Cartografía Geotemática (Martín M., 2000, y Hernaiz Huerta P.P., 2000, respectivamente).

La tesis doctoral de Bourdon L. (1985) aporta una cartografía de la Cordillera Oriental en la que se identifican varios afloramientos de conglomerados atribuibles a la Fm Don Juan, datando cantos de la serie terciaria de Yabón que indican que la formación se nutrió de materiales del Eoceno Inferior, lo que permite acotar la edad del conjunto, al menos en dicha zona.

2.5.2 La Fm Don Juan en la Hoja de Sabana Grande de Boyá. Conglomerados, areniscas y arcillas moradas (9). Eoceno. P₂

Aunque se esté muy cerca del pueblo de Don Juan donde el estrato-tipo fue definido, la Fm Don Juan se reduce a algunos afloramientos de arcillas violáceas, de gravas poligénicas, situadas en la extremidad del ángulo SO de la Hoja. La naturaleza y el color de la facies son suficientemente característicos para evitar toda duda en su adscripción, sin embargo hay que reconocer que, en este sector, las relaciones con las pelitas arenosas de color marrón del Cretácico Superior no están del todo claras por lo que, el límite de Fm Don Juan podría ser sin duda objeto de modificación.

2.6 LOS HAITISES – PLIOCENO-PLEISTOCENO

2.6.1 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.

2.6.2 Los Haitises en la Hoja de Sabana Grande de Boyá

En la Hoja de Sabana Grande, Los Haitises afloran únicamente en el tercio NE, alrededor de la aldea de Sabana.

Se distinguen los tres grupos litológicos, en que se divide esta formación recubriendo, en discordancia, la paleosuperficie arrasada antepliocena :

- en la base, el Miembro Inferior o Fm Yanigua, con predominancia de arcilla y arenisca conglomerática, rellena las depresiones de la paleosuperficie ; su espesor es variable, comprendido entre 0 y más de 100 m ;
- en el centro, una serie de alternancias muy irregulares de margas y calizas biodetríticas seguidas del desmantelamiento de arrecifes construidos con un espesor de, al menos, 100 m ;
- en la parte superior, calizas arrecifales propiamente dichas, cuya morfología karstica caracteriza la formación en su conjunto.

2.6.2.1 Los Haitises. Fm Yanigua. Margas con lentejones de conglomerados poligénicos (10). Margas con intercalaciones de calizas margosas (11). Plioceno – Pleistoceno. N₂ – Q₁₋₃

Debido a su naturaleza con predominancia arcillosa, los afloramientos naturales son escasos. Por el contrario, el talud de los caminos permite el acceso a diferentes cortes parciales de la Fm Yanigua.

Aproximadamente a 3 km al Norte de Boyá, a lo largo del camino Boyá-Sabana Grande (Afl. NN-9013), la formación es visible, con aproximadamente 20 m de espesor y comprende :

- en la base, reposando sobre el sustrato tonalítico profundamente arenizado, hay cerca de 10 m de arcillas de color marrón claro a verduzco con intercalaciones decimétricas de areniscas arcillosas, que culminan en una superficie rubefactada ;
- un banco intercalado con alrededor de 2 m de caliza dura, corte en forma de riñones, rico en fragmentos de Políperos ramificados, de gaterópodos y ostras ;
- sobre este, se sitúan cerca de 5 m, de una sucesión de bancos métricos de conglomerados poligénicos con elementos poco maduros del sustrato cretácico y de caliza, mal cementados por una matriz arcillo-arenosa. Este horizonte está separado por intercalaciones decimétricas de arcilla arenosa con rubéfacción ;

-
- aproximadamente 5 m. de arcilla beige a marrón claro con soportes y concreciones carbonatadas, e intercalaciones de arenisca fina carbonatada.

En la misma carretera, pero más hacia el NO, a unos 3 km del Batey Hato San Pedro, el talud permite observar un nuevo corte bastante continuo de la formación (Afl. NN-9119 y 9120). El contacto con los terrenos subyacentes está enmascarado por los recubrimientos cuaternarios. De muro a techo se distinguen :

- aproximadamente 7 m, de arcillas arenosas grises, abigarradas, rojas en el techo ;
- 5 m, de un potente banco canaliforme de conglomerado heterométrico, con elementos poligénicos, mal cementados por una matriz arcillo arenosa ;
- tras algunos decímetros de arcilla rubefactada, un banco de alrededor de 5 m de caliza biotétrica, rica en fragmentos y conchas bien preservadas de Políperos, erizos (Foto 1), gasterópodos y lamelibránquios ;
- el corte prosigue con cerca de 20 m de arcillas arenosas abigarradas, con rastros de raíces e intercalaciones de areniscas finas. Hacia el techo, se observa enriquecimiento progresivo de carbonato :
- un banco de caliza arcillosa, con bandeados centimétricos horizontales, culmina el corte y anuncia el paso a alternancias margo-calizas de la Fm Cevicos.

La naturaleza y la disposición de los depósitos corresponden a un entorno paleogeográfico de margen-litoral, bajo fuerte influencia continental. No hay disponible ningún elemento de datación que permita precisar la edad de esta formación.



Foto 1 : Fossil de erizo de Los Haitises (Afl. NN-9119).

2.6.2.2 Los Haitises. Fm Cevicos. Calizas margosas y calizas arrecifales (12). Plioceno – Pleistoceno. N₂ – Q₁₋₃

Esta unidad está compuesta por calizas arcillosas biodetríticas, y margas, ricas en fragmentos y ramas de Políperos e igualmente en conchas y fragmentos de fósiles muy diversos.

Los afloramientos naturales no son muy frecuentes. Por el contrario, debido a la presencia de bancos carbonatados de potencia y extensión relativamente importantes, la unidad presenta una morfología bastante diferente a la de la formación precedente : engendra pequeñas cornisas y rellanos topográficos perceptibles en el paisaje, y visibles en las fotos aéreas.

Las calizas arcillosas son de color gris-azul mientras están frescas, y amarillentas cuando están alteradas. Los afloramientos son escasos y su existencia se deduce de la presencia de abundantes bloques, y bolas de calizas biodetríticas, incrustadas de conchas enteras y/o con fragmentos de fósiles muy variados : Lamelibránquios, Políperos, Madréporas, etc.

Los bancos y niveles carbonatados están constituidos, en gran parte, por material proveniente de la destrucción de los organismos calizos, constructores o no. La facies más frecuente está compuesta por un amalgamamiento de fragmentos de tallos de Políperos ramificados, mal cementados por una matriz arcillo-carbonatada. De manera general, se puede decir que la facies está formada por "brechas de acumulación de organismos", en lugar de construcciones de tipo biohermo. Estas "brechas" constituyen bancos lenticulares que se interdigitan en las margas. Las facies corroboran el carácter arrecifal de la formación y su naturaleza, así como su disposición evocan depósitos tipo "plataforma interna" o de "arrecife trasero".

2.6.2.3 Los Haitises. Fm Cevicos. Calizas arrecifales masivas (13). Plioceno – Pleistoceno. N₂ – Q₁₋₃

Al NE de la Hoja, se observa una caliza grumosa blanca-rosada, masiva y homogénea, sin estratificación visible, que no difiere de la facies clásica y convencional de la Formation Cevicos, interpretada como una facies arrecifal donde abundan los corales en posición de vida así como diferentes especies de Lamelibránquios.

2.7 LAS FORMACIONES SUPERFICIALES CUATERNARIAS

2.7.1 Alteritas y arcillas lateríticas

Tanto el clima tropical antiguo como el actual, es el origen de una alteración intensa del sustrato que afecta a todos los tipos de roca. Probablemente más importantes en el pasado, las alteritas aparecen reducidas en la actualidad por efecto de la erosión.

Son generalmente **saprolitas**, que corresponden a una argilización de las facies subyacentes, con potencias métricas, casi siempre poco evolucionadas y donde la roca madre conserva toda su estructura original. En el momento en que la alteración ferrolítica ha tenido mayor intensidad, se producen **arcillas moteadas o abigarradas**, en las que la estructura de la roca madre no es perceptible. Este es el caso de numerosos sectores, pero a menudo únicamente visibles, en ocasión de los trabajos de excavación. Los sectores donde la alteración ferrolítica ha tenido mayor presión ocultan algunos fragmentos y pisolitas de hidróxidos de hierro, pero, a nivel de la Hoja de Sabana Grande, la alteración nunca alcanza el estadio de la formación de cubierta ferruginosa.

2.7.2 Abanicos aluviales de baja pendiente. Limos, arenas y gravas (14). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

Estos depósitos están particularmente bien representados en los valles de los ríos Payabo y La Savita. Constituyen un recubrimiento tabular de varios metros de espesor, cortado por la actividad erosiva actual de estos ríos.

La acumulación detrítica está formada por limos arcillo-arenosos de color entre amarillo-ferruginoso a gris-rosa, con algunos cordones de gravas centimétricos, de cantos bien rodados. En ciertos lugares, se trata de formaciones de color rojo-vivo que contienen pisolitos de hidróxidos de hierro, cuyo aspecto es similar a una laterita. No obstante siempre existe una vaga estratificación que indica que no se trata de un paleosuelo in situ, sino más bien de un terreno modificado. Los depósitos se organizan en secuencias granoclasificadas, de espesor centimétrico a decimétrico, en general bien visibles por la erosión, y en particular en el talud de los caminos que cortan estas formaciones. Son frecuentes las figuras de canales como testimonio de un origen fluvial.

En sus inicios, estos materiales derivaron de la alteración meteórica de los relieves situados en el centro del Hoja. Luego fueron arrastrados y más tarde sedimentados bajo el efecto de paleo-corrientes fluviales. Su espesor no se conoce con precisión y está controlado por la morfología del paisaje y por la red de los ríos que, en la época de los depósitos, drenaron la zona. En los lugares donde están presentes, estos recubrimientos constituyen suelos no consolidados, propicios para el cultivo. En otro tiempo se utilizaron como plantaciones de caña de azúcar y de piña, pero hoy, se encuentran en gran abandono.

2.7.3 Abanicos aluviales. Lutitas, limos, arenas y cantos (15). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

Los llanos de los relieves actuales están cubiertos por una película de cantos, gravas, limos y arcilla. El espesor de estos depósitos puede ser mínimo, en particular en la parte alta de las vertientes y en las cabeceras de los arroyos, donde son eliminados regularmente por las arroyadas. Esta película puede alcanzar varios metros de espesor en las partes bajas. Debe significarse que a menudo es difícil establecer su límite con la alteración in situ del sustrato.

Los depósitos están compuestos por materiales locales, débilmente transportados bajo el efecto de la alteración meteórica y del flujo de agua. La naturaleza de estos materiales está condicionada por la del sustrato. En general son materiales arcillo-arenosos, con fragmentos líticos, provenientes de la modificación de las alteritas desarrolladas en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos y sobre las intrusiones tonalíticas.

2.7.4 Fondos de dolina y polje. Arcillas de descalcificación (16). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

Estas arcillas rojizas rellenan ciertas dolinas y polje desarrollados en las calizas karstificadas de Los Haitises. Son arcillas ferrolíticas residuales provenientes, de la alteración meteórica bajo clima tropical. Se han cartografiado solamente en los sectores en los que las arcillas cubren una superficie suficiente. Constituyen zonas llanas, bien visibles, en general, en las fotos aéreas.

2.7.5 Terrazas medias y bajas. Gravas, arenas y lutitas (17). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

Afloran localmente en el lecho de los principales ríos. Estas antiguas terrazas, parecen en parte repetidas por el sobre encajonamiento actual del sistema aluvial. El material, que los constituye, es una grava redondeada a sub-redondeada, con fragmentos de roca volcánica y matriz arcillo-arenosa. Estos depósitos están enmascarados en gran parte por una película arcillosa reciente.

2.7.6 Fondos de valle. Cantos, arenas, gravas y limos (18). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

Estos aluviones rellenan localmente el fondo de los principales valles: río Payabo, río Ozama y río Boyá. En la parte alta de los ríos, están compuestos por bloques pluridecimétricos redondeados, de cantos y gravas cuya naturaleza depende del sustrato geológico. En cambio, río abajo, estos aluviones están generalmente constituidos por materiales finos, limos o limo-arenosos, a menudo ricos en materia orgánica y encierran lentejones de arenas y gravas embebidas en una matriz arcillosa.

Hoja de Sabana Grande de Boyá - 6272-IV				
Numero	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD 27	
	Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)
JM-9021	18,84624	-69,78677	417 068	2 083 804
JM-9022	18,85129	-69,78709	417 036	2 084 363
JM-9029	18,84750	-69,77423	418 389	2 083 937
JM-9030	18,85509	-69,75814	420 088	2 084 770
JM-9041	18,83674	-69,87822	407 427	2 082 797
JM-9044	18,85025	-69,89065	406 125	2 084 300
JM-9063	18,85179	-69,96242	398 585	2 084 509
JM-9065	18,84917	-69,95896	398 822	2 084 218
JM-9069	18,85504	-69,96012	398 809	2 084 868
JM-9097	18,87788	-69,97323	397 442	2 087 402
JM-9098	18,87654	-69,97394	397 366	2 087 255
JM-9099	18,87575	-69,97471	397 285	2 087 167
JM-9105	18,91023	-69,96347	398 480	2 090 876
JM-9120	18,92072	-69,98741	395 975	2 092 151
JM-9124	18,92351	-69,99439	395 241	2 092 464
JM-9125	18,92555	-69,99652	395 018	2 092 691
JM-9127	18,92934	-69,99975	394 681	2 093 112
JM-9130	18,93147	-69,97099	397 711	2 093 331
JM-9167	18,93187	-69,95712	399 171	2 093 368
JM-9176	18,95001	-69,91480	403 638	2 095 351
JM-9177	18,88467	-69,76058	419 845	2 088 044
JM-9212	18,85129	-69,78709	417 036	2 084 363
JM-9213	18,85129	-69,78709	417 036	2 084 363
JM-9215	18,84750	-69,77423	418 389	2 083 937
JM-9230	18,86050	-69,93144	401 880	2 085 525
JM-9241	18,91192	-69,92521	402 585	2 091 212
JM-9242	18,91129	-69,92252	402 849	2 091 140
JM-9242	18,91129	-69,92252	402 849	2 091 140
JM-9243	18,91139	-69,92033	403 080	2 091 150
JM-9287	18,94525	-69,91363	403 805	2 094 893
JM-9514	18,90317	-69,89120	406 142	2 090 224
JM-9527	18,90778	-69,89962	405 258	2 090 739
JM-9528	18,90798	-69,89901	405 323	2 090 762
JM-9549	18,95538	-69,88166	407 177	2 095 996
JM-9551	18,95051	-69,88180	407 159	2 095 457
JM-9564	18,94141	-69,78098	417 769	2 094 401
JM-9589	18,86838	-69,94893	400 252	2 086 406
JM-9598	18,85136	-69,78190	417 629	2 084 437
JM-9600	18,85975	-69,78492	417 315	2 085 367

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.

3.2 ESTUDIO GEOQUÍMICO DE MUESTRAS DE LA FM LOS RANCHOS

Las rocas básicas de la Formación Los Ranchos utilizadas para determinar las características geoquímicas fueron aquellas que no presentan texturas de cumulos ígneos o una gran abundancia de fenocristales. Por lo tanto, las rocas utilizadas en este estudio fueron aquellas que se interpreta mejor representan la composición de un líquido magmático: diques, rocas volcánicas (flujos y rocas volcanoclásticas) y granitoides. Las facies de gabros bandeados o masivos son incluidas en los diagramas como comparación. Sin embargo, los contenidos en elementos traza muy similares que presentan respecto a las facies de diques y depósitos volcánicos, sugiere que los minerales acumulados que contienen han preservado las características de los magmas de los que proceden.

En un diagrama Nb/Y versus Zr/TiO₂ (Winchester y Floyd, 1977), las rocas muestreadas de la Formación Los Ranchos gradúan en composición desde basaltos subalcalinos hasta composiciones andesíticas y riolitas/riodacitas, observándose una cierta ausencia de composiciones intermedias basáltico/andesíticas intermedias en el diagrama (Figura 6). En este estudio se incluyen también los intrusivos en la Fm Los Ranchos de composición tonalítica y cuarzodiorítica, que son relacionados con las rocas volcánicas ácidas. Estas muestras proceden de los macizos de El Valle (JM-9070), Haitises (HH-9044) y Sabana Grande de Boyá (JM-9177, JM-9176 y JM-9181). En los diagramas Yb versus Th y Zr versus Y (Barrett y MacLean, 1999) las rocas máficas son subalcalinas y muestran en particular una afinidad toleítica. En la Figura 7 se muestra la variación de algunos óxidos y elementos traza seleccionados respecto al MgO (% en peso) en las diferentes unidades litoestratigráficas de rocas volcánicas en la Formación Los Ranchos e intrusiones relacionadas. En los diagramas se observa también la ausencia de composiciones intermedias, distinguiéndose dos grupos composicionales: rocas volcánicas basálticas, basáltico-andesíticas y andesíticas, intrusiones de gabros y microgabros y el Mb La Naviza (%MgO>3,3); y rocas volcánicas riolíticas e intrusiones cuarzodioríticas y tonalíticas (%MgO<1,4).

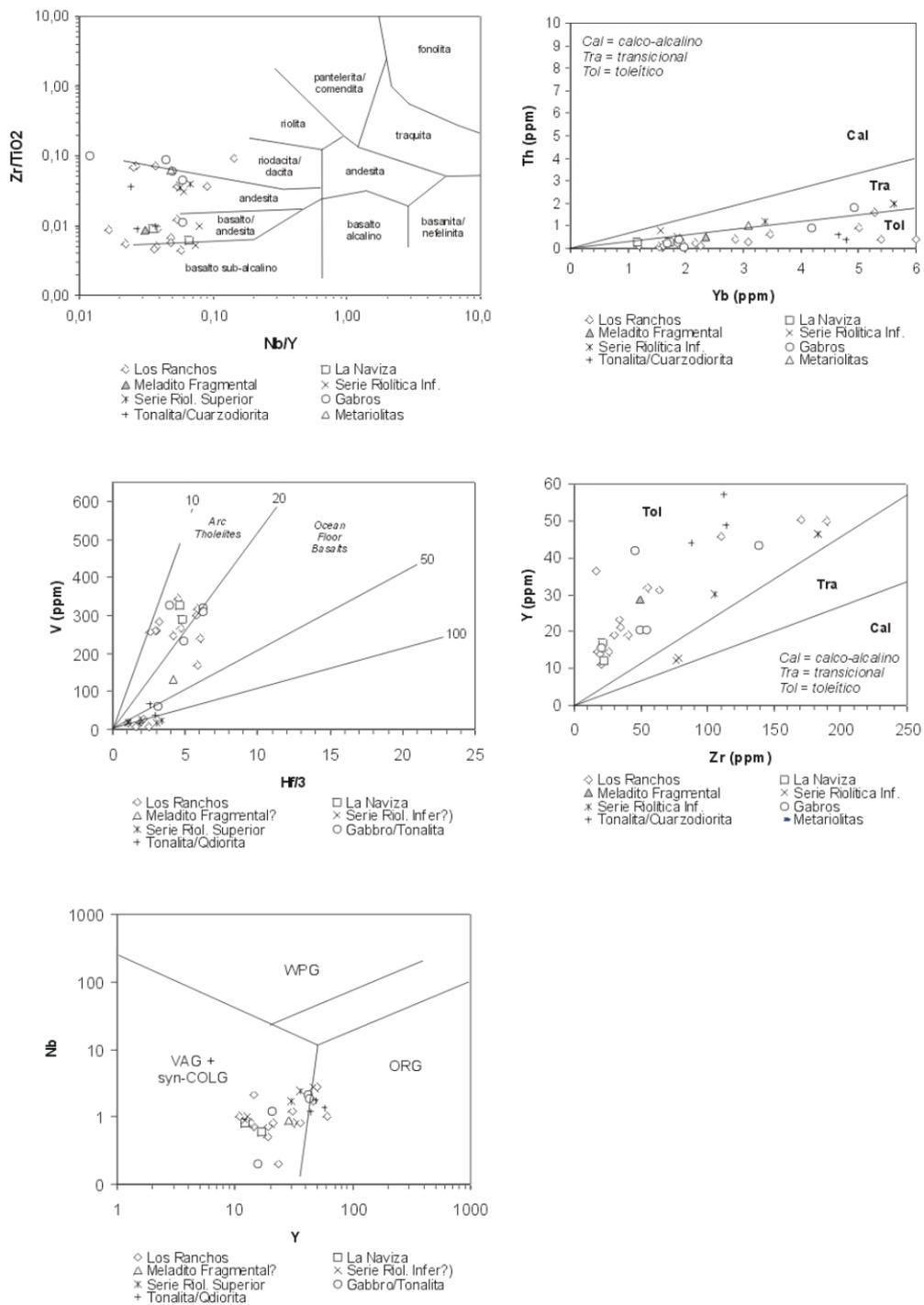


Figura 6 : Proyección de las rocas de la Fm Los Ranchos en los diagramas Nb/Y versus Zr/TiO₂ (Winchester y Floyd, 1977), Yb-Th y Zr-Y (Barrett y MacLean, 1999), Ti/1000-V de Shervais (1982) e Y-Nb de discriminación de granitoides (Pearce et al., 1984).

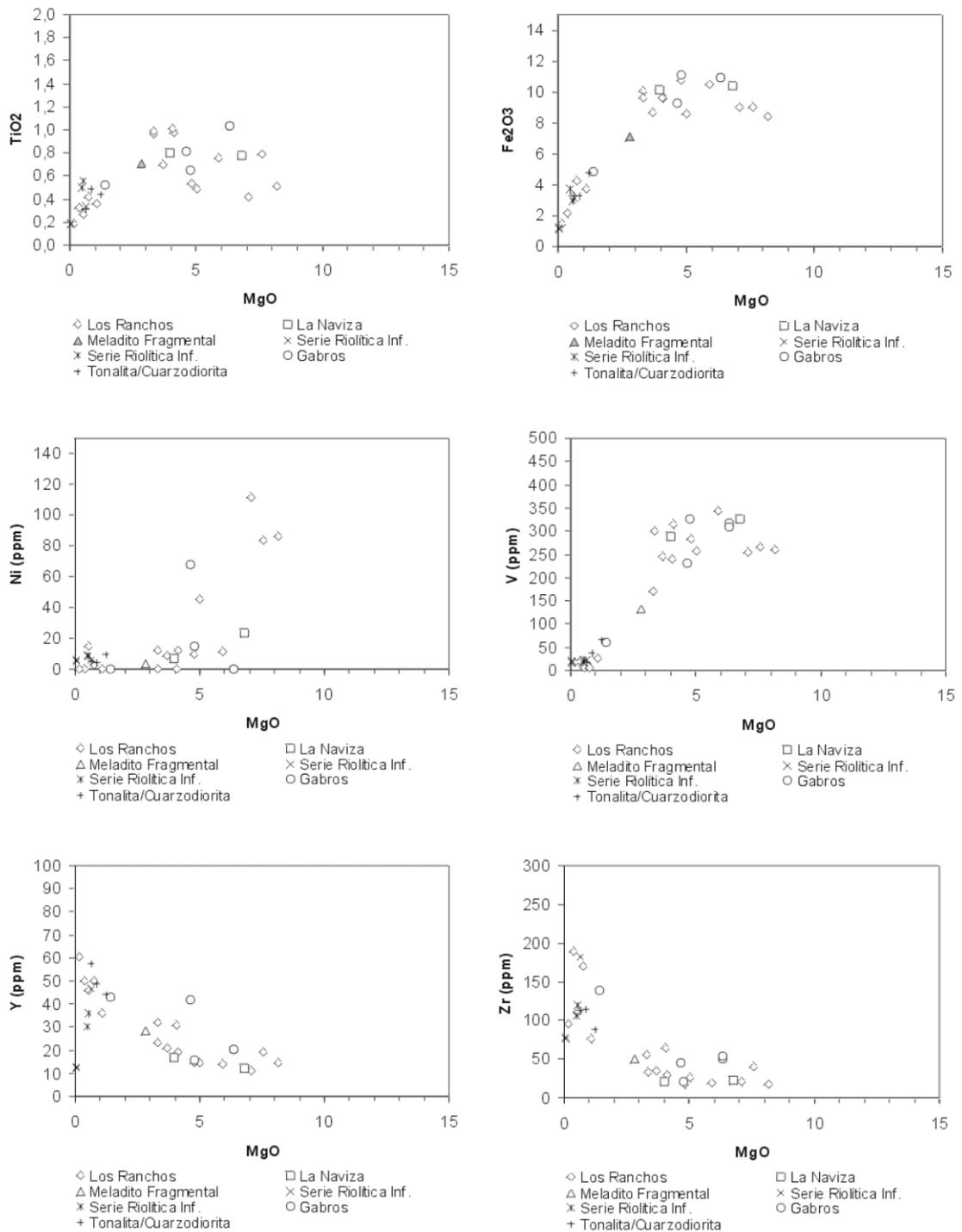


Figura 7 : Diagramas binarios frente al MgO para las rocas de la Fm Los Ranchos.

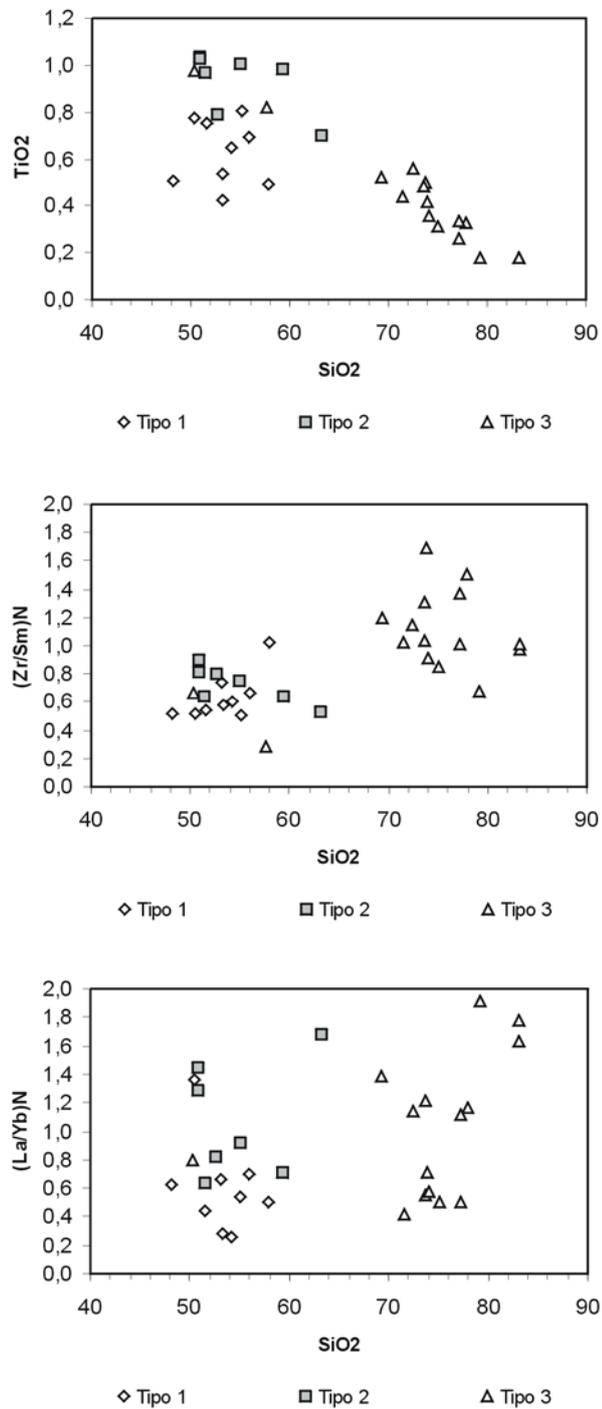


Figura 8 : Diagramas binarios SiO₂ versus TiO₂, (Zr/Sm)_N y (La/Yb)_N para las rocas de la Fm Los Ranchos.

La comparación de muestras de la Formación Los Ranchos con un similar grado de fraccionación (o Mg#) revela la existencia de una gran variación tanto la abundancia de elementos traza como en el tipo de diagrama de REE extendido resultante al normalizar los análisis respecto al mano primordial (Figura 9). En una primera aproximación, todas las rocas de la Fm Los Ranchos son de carácter toleítico (ver después) y presentan una pronunciada anomalía negativa de Nb (y de Ta) indicativa de un origen relacionado con subducción. Como las tierras raras pesadas (HREE) y los HFSE (Ti, Zr, Hf, Ta y Nb) no resultan afectados por el componente relacionado con subducción en magmas de arco (Pearce y Peate, 1995), estos elementos pueden ser utilizados como una guía de la composición del manto del cual derivaron las rocas magmáticas estudiadas. En los diagramas, la pendiente negativa de los HFSE aumenta con el grado de empobrecimiento del manto y la abundancia de las HREE (a grados equivalentes de fraccionación) refleja cuantitativamente el grado de fusión parcial. Estos aspectos importantes de los diagramas de REE extendidos quedan reflejados en relaciones de elementos trazas normalizados respecto al MP (Figura 8): la relación $(Zr/Sm)_N$ refleja la naturaleza de la anomalía del Zr (y Hf) y la relación $(La/Yb)_N$ refleja el grado de enriquecimiento o empobrecimiento en las tierras raras ligeras (LREE). Valores bajos de ambas relaciones indican una fuente mantélica más empobrecida, previamente al metasomatismo en el manto relacionado con los procesos de subducción. El Mg# y el contenido en TiO_2 proporcionan de forma cuantitativa información sobre el grado de fraccionación y empobrecimiento de la fuente, respectivamente, excepto cuando las anomalías positiva o negativa del Ti en el diagrama de REE extendido indica que el contenido en Ti ha sido afectado por procesos de fraccionación cristalina. Como puede observarse en la Figura 9, todos los patrones de distribución de REE de las rocas de la Fm Los Ranchos indican una fuente para los magmas de carácter similar a la de los N-MORB y más empobrecida.

En el presente trabajo se han distinguido dos series geoquímicas de rocas básicas en la Formación Los Ranchos, entendiendo que en la realidad existen composiciones transicionales entre ellas. Estos dos tipos de rocas básicas son: (tipo I) toleitas de arco isla (IAT) pobres en Ti y LREE; y (tipo II) toleitas de arco isla (IAT) normales y pobres en Ti. Un tercer grupo está constituido por las rocas félsicas, que incluye las rocas volcánicas ácidas de la Fm Los Ranchos y los intrusivos de composición tonalítica y cuarzodiorítica genéticamente relacionados.

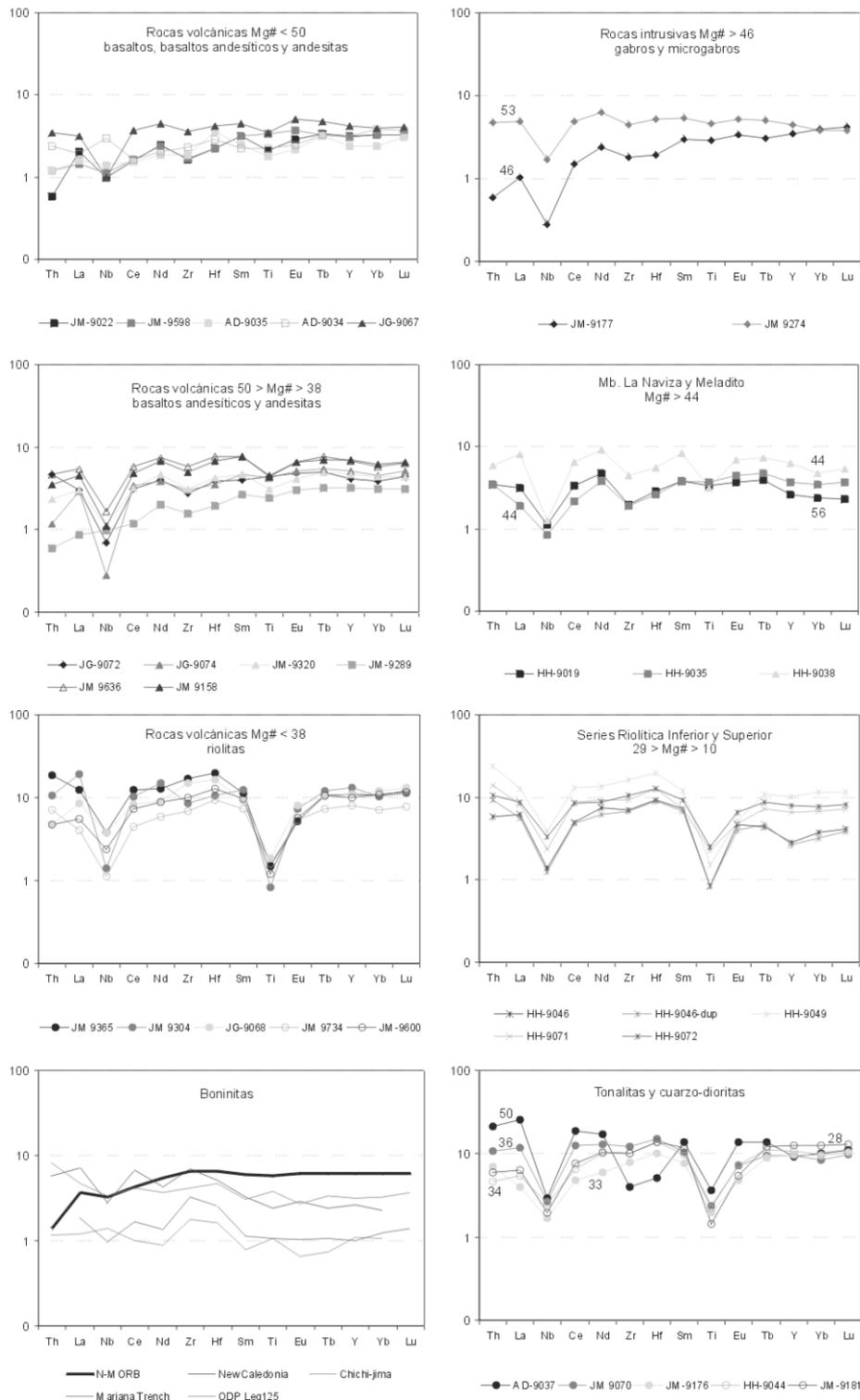


Figura 9 : Diagramas extendidos de REE para los distintos tipos de rocas diferenciados en Fm Los Ranchos agrupados en función del Mg#. Símbolos: Tipo 1 y Mb La Naviza=cuadrados; Tipo 2 y Mb Meladito=triángulos; Tipo 3 o series riolíticas=círculos y cruces; microgabros (Tipo 1)= rombos); y tonalitas y cuarzo-dioritas (Tipo 3)=círculos.

3.2.1 Tipo I: Toleitas de arco isla (IAT) pobres en Ti y LREE

Este grupo está representado por las rocas volcánicas máficas de la Fm Los Ranchos (basaltos y basaltos andesíticos), las rocas volcánicas del Mb La Naviza y los gabros masivos y diques máficos microgabroicos intrusivos. Algunas de las rocas volcánicas tienen composiciones de basaltos ricos en Mg ($MgO > 8\%$) e incluyen las composiciones menos fraccionadas de todas las muestras ($Mg\# > 50$). Los intrusivos son rocas también poco fraccionadas ($Mg\# > 46$). En un diagrama de REE extendido (Figura 9), muchas de las rocas del tipo I muestran un empobrecimiento en LREE (con $(La/Yb)_N$ entre 0,28 y 0,69) y anomalías negativas de Zr y Hf (relación $(Zr/Sm)_N$ entre 0,50 y 1,03). De forma general, todas las muestras tienen una anomalía negativa de Nb. En algún caso no se observan anomalías de Th y Nb, por lo que estas rocas no tienen un significativo componente de subducción, aunque las concentraciones medidas para estos elementos están próximas al límite de detección. El TiO_2 en este grupo es $< 0,8$ para abundancias absolutas de las HREE inferiores a las del tipo II (entre 2,2 y 4,5 x manto primitivo). Los patrones de REE extendidas para los gabros son muy similares a los de las rocas volcánicas (Figura 9), sugiriendo una conexión genética entre ambos tipos de rocas. Algunas muestras (JM9022 de Sabana Grande, JG9067 de Hato Mayor, AD9034 y AD9035 de Miches) presentan rangos composicionales propios de rocas boniníticas ($SiO_2 > 53\%$, $MgO > 8\%$, $TiO_2 < 0,5$; sensu Crawford et al., 1989), aunque los elementos mayores pueden haber sido movilizados. El patrón de REE extendido del Mb La Naviza es, por ejemplo, muy similar a boninitas muestreadas en el ODP Leg 125. En cualquier caso, el empobrecimiento en LREE, bajos contenidos en TiO_2 , niveles de HREE y altos $Mg\#$ que muestran las rocas de este grupo sugiere una fuente mantélica muy empobrecida y altas tasas de fusión parcial.

3.2.2 Tipo II: Toleitas de arco isla (IAT) normales y pobres en Ti

Este grupo está representado por las rocas volcánicas de composición basaltos andesíticos y andesitas de la Fm Los Ranchos. Presentan composiciones de basaltos toleíticos ricos en Fe ($> 9,6\%$) y están bastante fraccionadas ($Mg\#$ de 38 a 50). El TiO_2 en este grupo es bajo oscilando entre 0,7 y 1,03%. El patrón en un diagrama de REE extendido (Figura 9) es muy similar al que presentan las IAT modernas para abundancias absolutas similares (HREE de 4 a 8 x manto primitivo). Presentan un ligero empobrecimiento o enriquecimiento de LREE (con $(La/Yb)_N$ entre 0,7 y 1,4), una fuerte anomalía negativa en Nb, anomalía positiva en Th en ocasiones, ligeras anomalías negativas de Zr y Hf (relación $(Zr/Sm)_N$ entre 0,5 y 0,9) y

HREE planas. Estas características sugieren también una fuente mantélica muy empobrecida para estas rocas (similar o incluso más empobrecida que la de los N-MORB), para tasas de fusión parcial algo menores que en el tipo I, en la que el granate no estuvo presente como fase residual ya que este mineral es el que fracciona las HREE.

3.2.3 Tipo III: Rocas félsicas

Este tipo agrupa las rocas volcánicas ácidas de la Fm Los Ranchos, incluyendo las muestras de las Series Riolíticas Inferior y Superior, las cuales son comparadas con los intrusivos en la Formación de composición tonalítica y cuarzodiorítica. En los diagramas Yb versus Th y Zr versus Y de Barrett y MacLean (1999) caen dentro del campo de las series toleíticas y, en algún caso, en el límite con las series transicionales. En función de su alto contenido en SiO₂ las rocas volcánicas son de composición riodacítica y fundamentalmente riolítica (SiO₂ entre 72 y 83%). El rango de composiciones más intermedias de las tonalitas y cuarzo-dioritas (SiO₂ entre 58 y 75%) está probablemente dominado por la presencia de plagioclasas rica en Ca y cuarzo como cumulos, confirmando las observaciones realizadas en las láminas delgadas, la menor relación CaO/(CaO+Na₂O) y menor Mg# (de 28-36 frente a 10-30 para las volcánicas ácidas). Todas las rocas félsicas del grupo III caen dentro en un diagrama SiO₂-K₂O del campo pobre en K, siendo el K₂O<0.94 en las rocas tonalíticas y cuarzodioríticas. Los contenidos en Zr y P₂O₅ son también muy bajos en comparación con las rocas félsicas típicamente calco-alcalinas. Los contenidos en TiO₂ son también muy bajos, entre 0,56 y 0,18. Los patrones de REE extendidas para las rocas volcánicas e intrusivos tonalíticos/cuarzo-dioríticos en la Fm Los Ranchos son muy similares para rangos de Mg# <38 (Fig. 4), lo que establece una clara conexión genética entre ambos tipos de rocas. Las riolitas presentan una distribución plana o ligeramente enriquecida en LREE (La/Yb)_N =1,1 a 1,8 y las tonalitas de plana a ligeramente empobrecida en LREE (La/Yb)_N =0,4 a 0,6, en contraste con las rocas félsicas calco-alcalinas que exhiben un moderado a fuerte enriquecimiento en LREE, reforzando su afinidad toleítica. El carácter toleítico frente al calco-alcalino de todas las rocas de la Fm Los Ranchos, queda claramente definido en el diagramas de discriminación tectonomagmática Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980) (Figura 10).

Aunque la composición de elementos mayores de estas rocas es similar a la de plagiogranitos formados en centros de apertura oceánica, en los diagramas de discriminación tectónica muchas de las rocas volcánicas félsicas y tonalitas caen en el campo de los granitos de arco volcánico (VAG; Pearce et al., 1984). Esto es compatible con

la fuerte anomalía negativa en Nb observada en los diagramas extendidos de REE, característica de las rocas relacionadas subducción. Algunas rocas tienen una anomalía positiva en Th y en Hf (relación $(Zr/Sm)_N$ entre 0,8 y 1,5). Estas rocas félsicas ricas en SiO_2 y pobres en K_2O son generalmente interpretadas como los productos de fusión parcial, en oposición a una fraccionación, de rocas máficas (Drummond y Defant, 1990; Jenner y Swinden, 1993; Rapp, 1995; Smith et al., 2003). Este aspecto es compatible con la ausencia de rocas volcánicas de una cierta composición intermedia en la Fm Los Ranchos. La abundancia de anfíboles magmáticos indica también que estos magmas fueron hidratados.

En resumen, las dos series geoquímicas de rocas básicas en la Formación Los Ranchos y las rocas félsicas genéticamente relacionadas, incluyendo las rocas volcánicas ácidas y los intrusivos de composición tonalítica y cuarzodiorítica, se relacionan con los primeros estadios de la formación de un arco isla intraoceánico en el Cretácico Inferior.

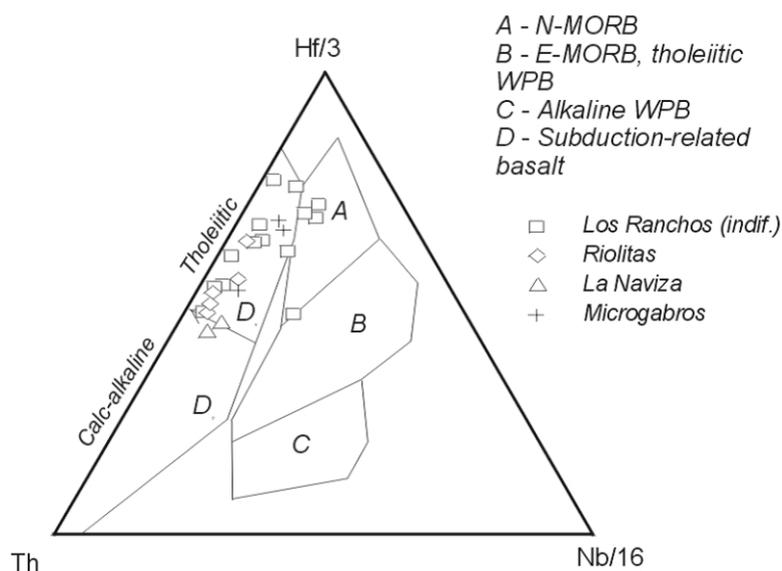


Figura 10 : Diagramas triangular Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980) para las rocas de la Fm Los Ranchos.

3.3 ESTUDIO GEOQUÍMICO DE MUESTRAS DE TONALITAS Y CUARZO-DIORITAS

En la Fm Los Ranchos intruye un conjunto de granitoides de composición tonalítica y cuarzodiorítica, muestreados en las Hojas de Sabana Grande de Boyá (JM9176 y JM9181), Antón Sanchez (HH9044) y Hato Mayor del Rey (AD9037). En las Figura 6 a Figura 10, estos granitoides son también comparados con las rocas del Plutón de El Valle (JM9070) y las rocas félsicas de la Fm Los Ranchos, con las que se relacionan geoquímicamente.

Las tonalitas y cuarzo-dioritas presentan un rango composicional intermedio, con SiO_2 entre 58 y 75%, que probablemente está dominado por la presencia de plagioclasas cálcicas y cuarzo como cumulos, confirmando las observaciones realizadas en las láminas delgadas. Respecto a las rocas volcánicas de la Fm Los Ranchos presentan una menor relación $\text{CaO}/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})$ y menor Mg#, entre 28-36 frente a 10-30 para las volcánicas ácidas. Como las rocas félsicas del grupo III de la Fm Los Ranchos, caen dentro en un diagrama SiO_2 - K_2O del campo pobre en K, siendo el $\text{K}_2\text{O}<0.94$ en las tonalitas y cuarzodioritas. Los contenidos en Zr y P_2O_5 son también muy bajos en comparación con las rocas félsicas típicamente calco-alcalinas. Los contenidos en TiO_2 son también muy bajos, entre 0,56 y 0,18. En los diagramas Yb versus Th y Zr versus Y de Barrett y MacLean (1999) los granitoides caen dentro del campo de las series toleíticas. Los patrones de REE extendidas para las tonalitas y cuarzodioritas y las rocas volcánicas de la Fm Los Ranchos son muy similares para rangos de Mg# <38 (Figura 9), lo que establece una clara conexión genética entre ambos tipos de rocas. Las tonalitas presentan una distribución plana o ligeramente empobrecida en LREE ($\text{La}/\text{Yb})_N = 0,4$ a 0,6, en contraste con las rocas félsicas calco-alcalinas que exhiben un moderado a fuerte enriquecimiento en LREE, reforzando su afinidad toleítica. Esta queda claramente definida en el diagrama de discriminación tectonomagmática $\text{Hf}/3\text{-Th-Nb}/16$ de Wood (1980) (Figura 10).

Aunque la composición de elementos mayores de estas rocas es similar a la de plagiogranitos formados en centros de apertura oceánica, en los diagramas de discriminación tectónica muchas de las rocas volcánicas félsicas y tonalitas caen en el límite entre los granitos de arco volcánico y orogénicos (VAG y ORG; Pearce et al., 1984). Esto es compatible con la fuerte anomalía negativa en Nb observada en los diagramas extendidos de REE, característica de las rocas relacionadas subducción. Algunas rocas tienen una

anomalía positiva en Th y en Hf (relación (Zr/Sm)_N entre 0,8 y 1,5). Estas rocas félsicas ricas en SiO₂ y pobres en K₂O son generalmente interpretadas como los productos de fusión parcial, en oposición a una fraccionación, de rocas máficas (Drummond y Defant, 1990; Jenner y Swinden, 1993; Rapp, 1995; Smith et al., 2003). La abundancia de anfíboles magmáticos indica también que estos magmas fueron hidratados.

En resumen, los intrusivos de composición tonalítica y cuarzodiorítica están genéticamente relacionadas con las rocas volcánicas ácidas de la Formación Los Ranchos y el Plutón de El Valle, todas ellas, se relacionan con los primeros estadios de la formación de un arco isla toleítico intraoceánico en el Cretácico Inferior.

3.4 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 Perfit, 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 Perfit (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 K₂O (entre 2,7 y 12%; 8,1% de promedio) y en Na₂O (entre 2,6 y 5,8%; 4,2 de promedio). Presentan contenidos altos en Al₂O₃ (entre 16,5 y 21,0%; los términos más básicos serían basaltos ricos en alúmina), Rb y Sr, y bajos en TiO₂ (<1,0%) y MgO (<1,65%), incluyendo los basaltos

andesíticos del Mb Loma La Vega donde son de 2,5 y 2,7% (Figura 11). En un diagrama $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 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/TiO_2 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 12), 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 ($\text{Th/La}=0,19\text{-}0,25$; $\text{Ba/La}=52\text{-}155$) y bajos en las relaciones HFSE/LREE ($\text{Nb/La}=0,16\text{-}0,38$, $\text{Ti/Eu}=1600\text{-}3200$) 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.

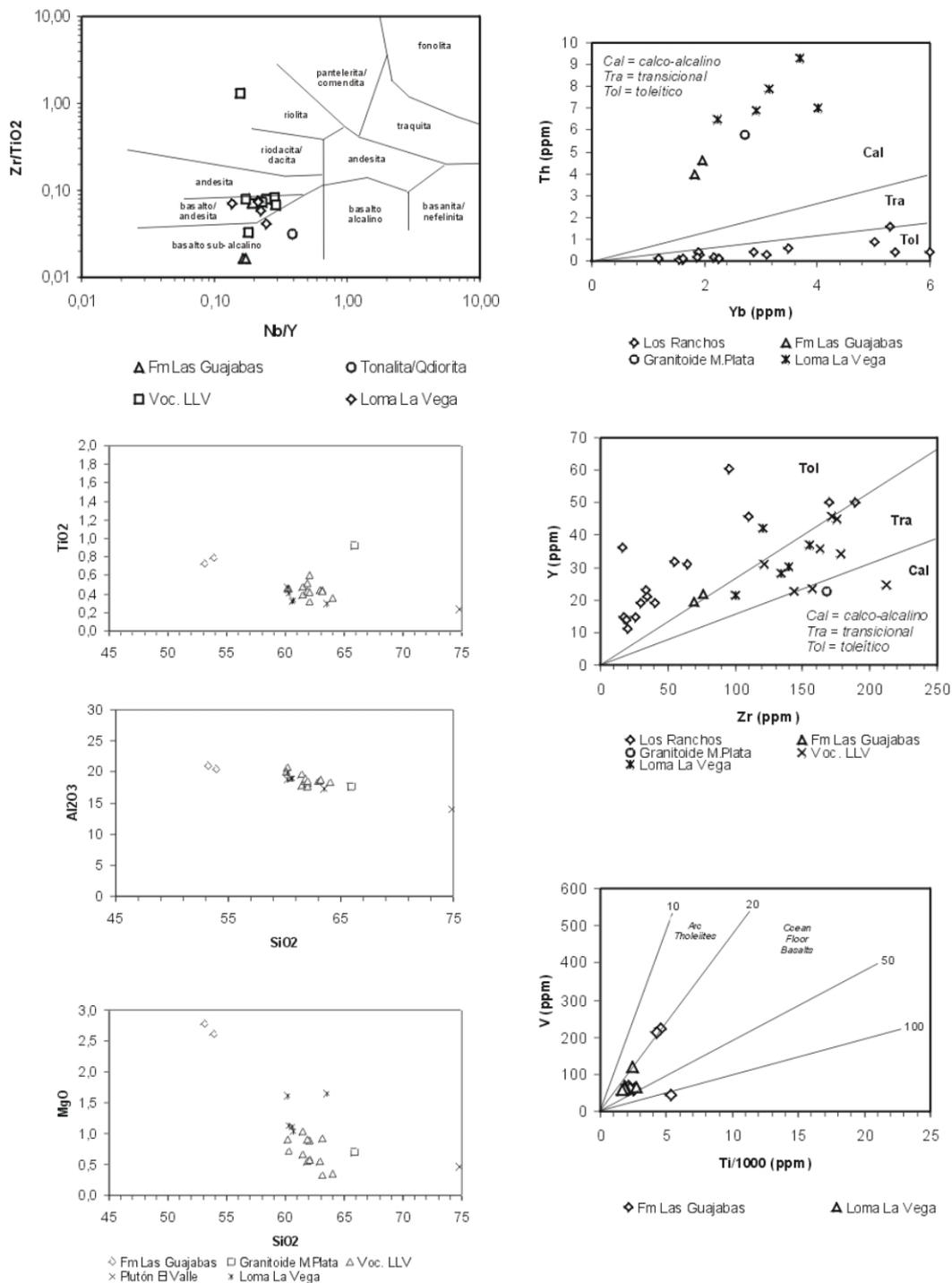


Figura 11 : Proyección de las rocas de la Fm Las Guajabas en los diagramas Nb/Y versus Zr/TiO₂ (Winchester y Floyd, 1977), Yb-Th y Zr-Y (Barrett y MacLean, 1999), Ti/1000-V de Shervais (1982), diagrama triangular Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980) y los diagramas binarios SiO₂ frente a TiO₂, Al₂O₃, MgO y K₂O. Notar las posición de las muestras del Mb Loma La Vega y de los granitoides del sector de Monte Plata en los distintos diagramas.

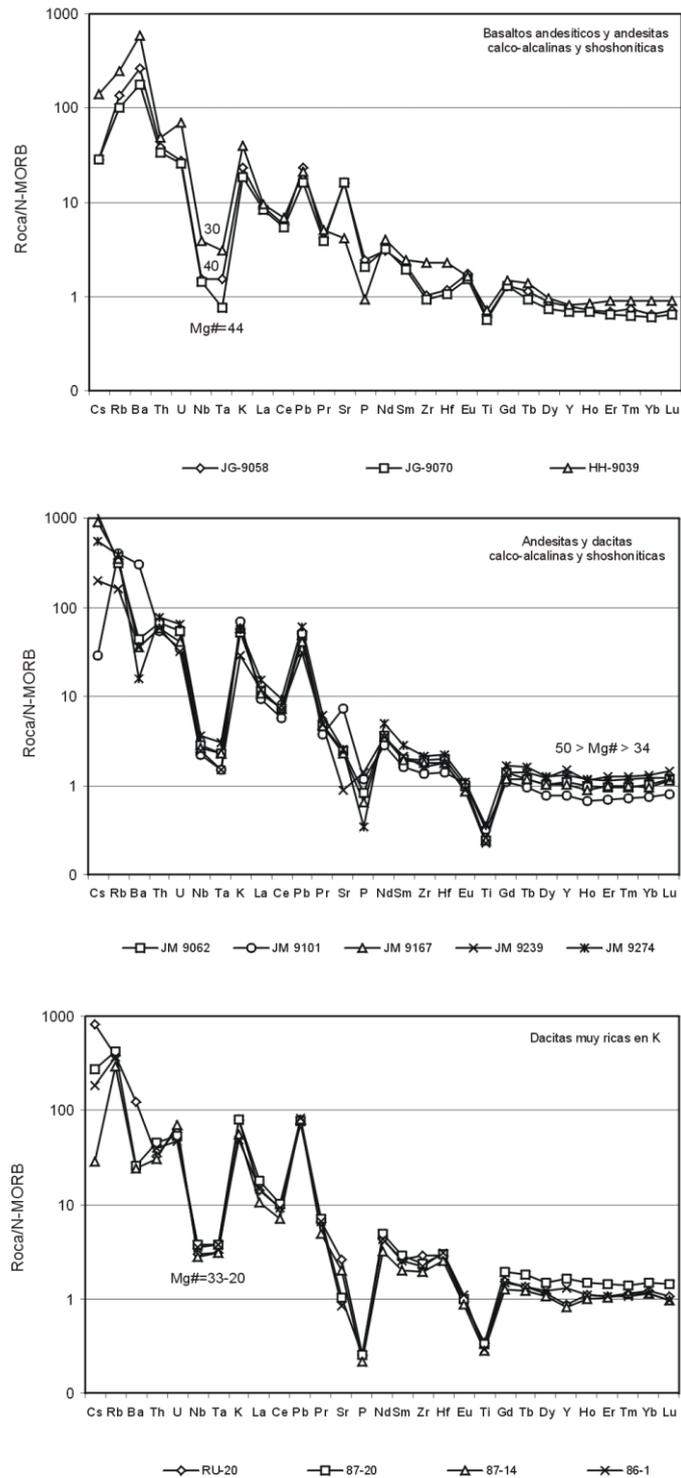


Figura 12 : Diagramas multielementales para las rocas de la Fm Las Guajabas y Mb Loma La Vega agrupados en basaltos andesíticos, andesitas y dacitas muy ricas en K. Mg# es el número de Mg.

Análogamente, en un diagrama extendido de REE normalizado respecto al manto primordial (Figura 13), 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.

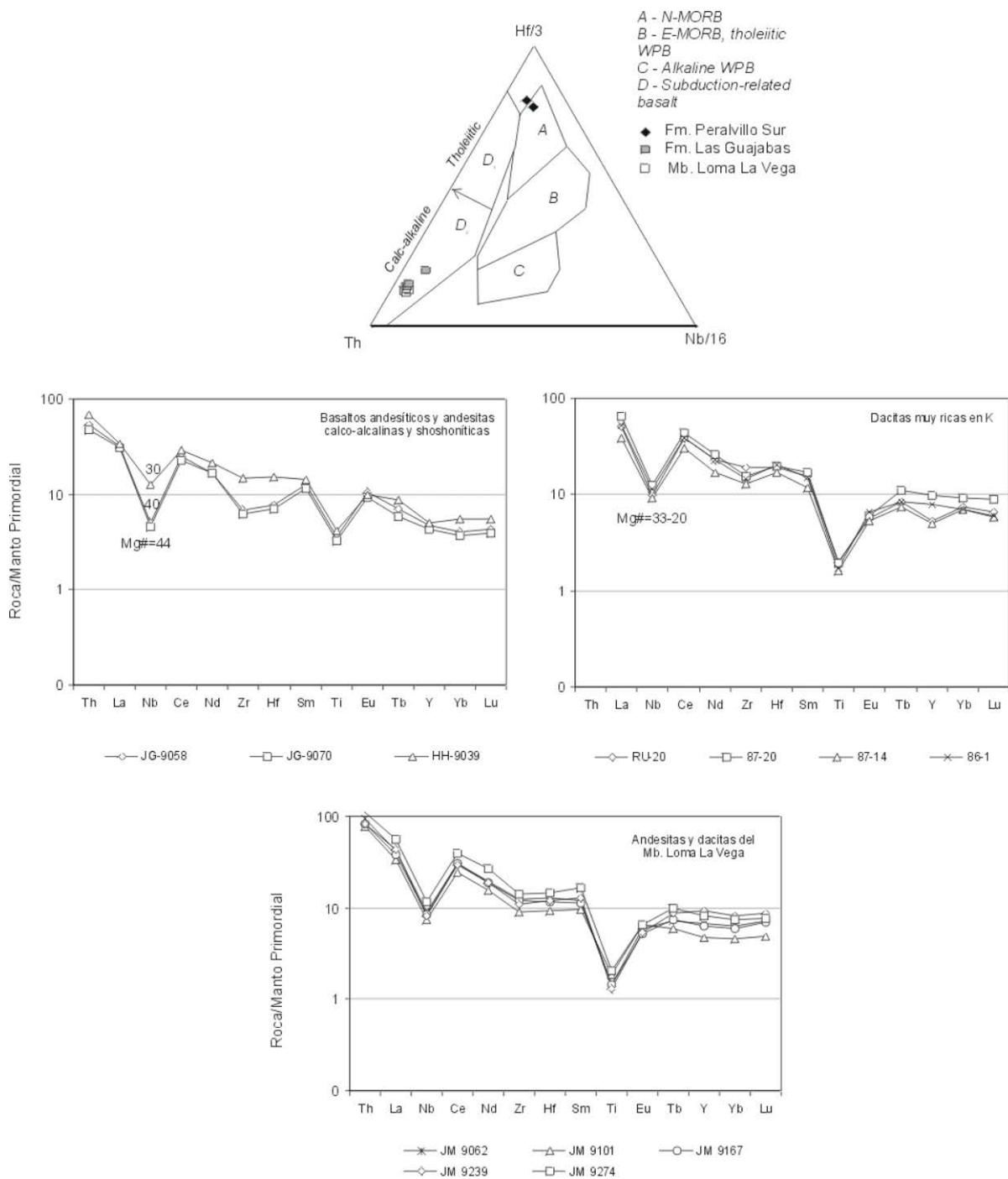


Figura 13 : Diagramas extendidos de REE para las rocas de la Fm LasGuajabas y Mb Loma La Vega agrupados en basaltos andesíticos, amdesitas y dacitas muy ricas en K. Mg# es el número de Mg.

3.5 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 14.

3.5.1 Descripción de las técnicas analíticas

3.5.1.1 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.

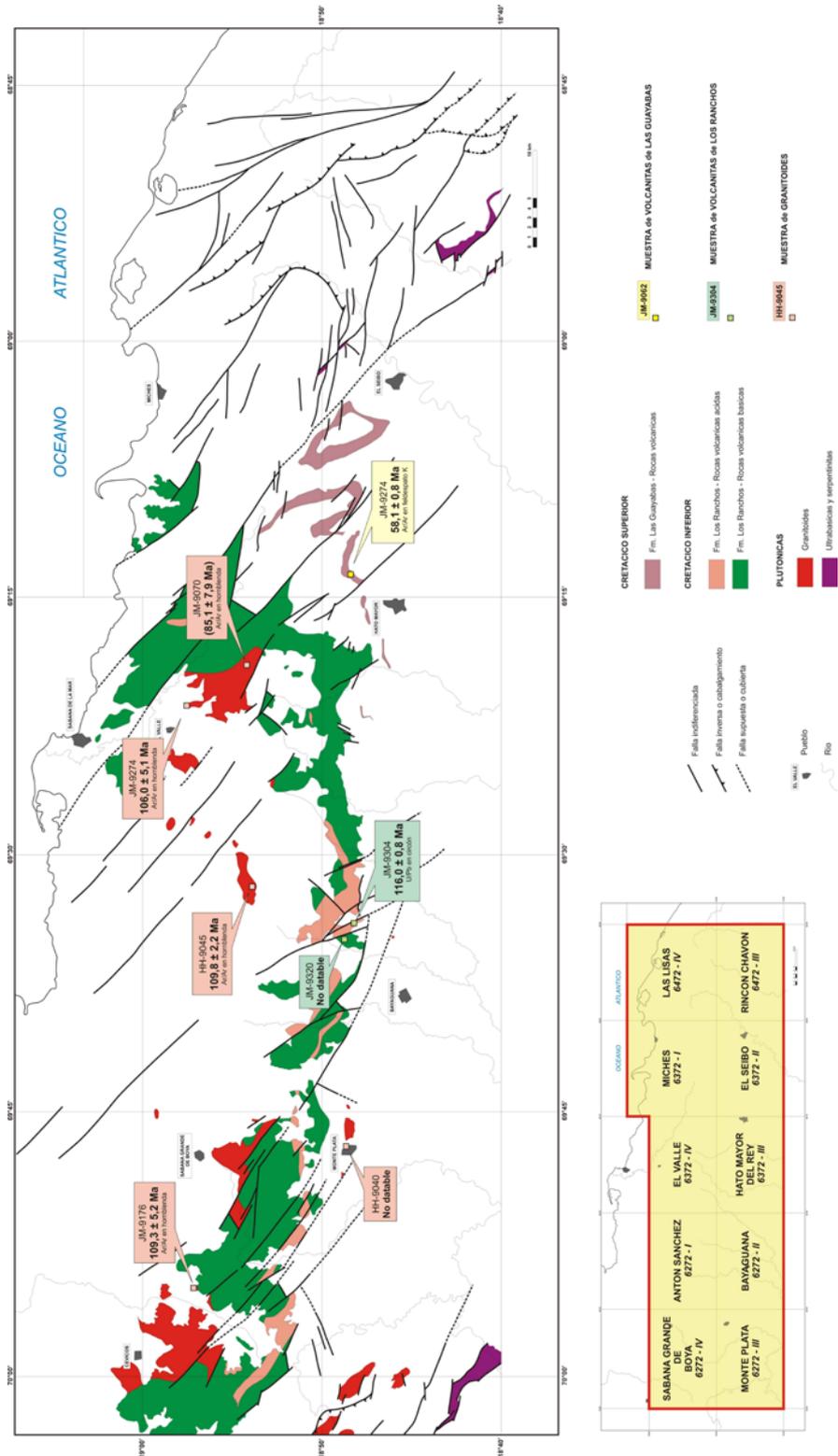


Figura 14 : Localización de los afloramientos muestreados para dataciones absolutas. Principales resultados. (Proyecto L-Este).

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.

3.5.1.2 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.*

3.5.2 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 Boyá	6272-IV	18.95001	-69.91480	403 638	2 095 351	Intrusivo - Tonalita	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCIGR	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 PCIGR	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 PCIGR	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 PCIGR	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 PCIGR	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 PCIGR	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 PCIGR	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 PCIGR	Ar/Ar en feldespató potásico "Plateau" Isocrona inversa	58,1 ± 0,8 Ma 59,0 ± 2,3 Ma

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

3.5.2.1 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 15). 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.

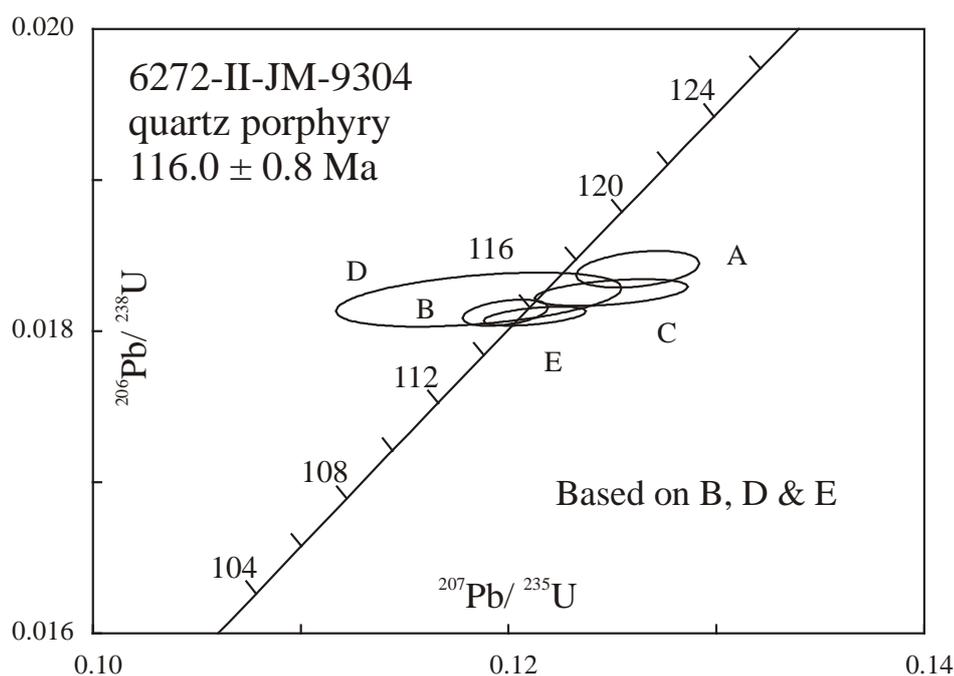


Figura 15 : Diagrama de concordia de la datación de la muestra JM-9304, realizada por el método U/Pb. (Hoja de Bayaguana - Proyecto-L-Este).

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

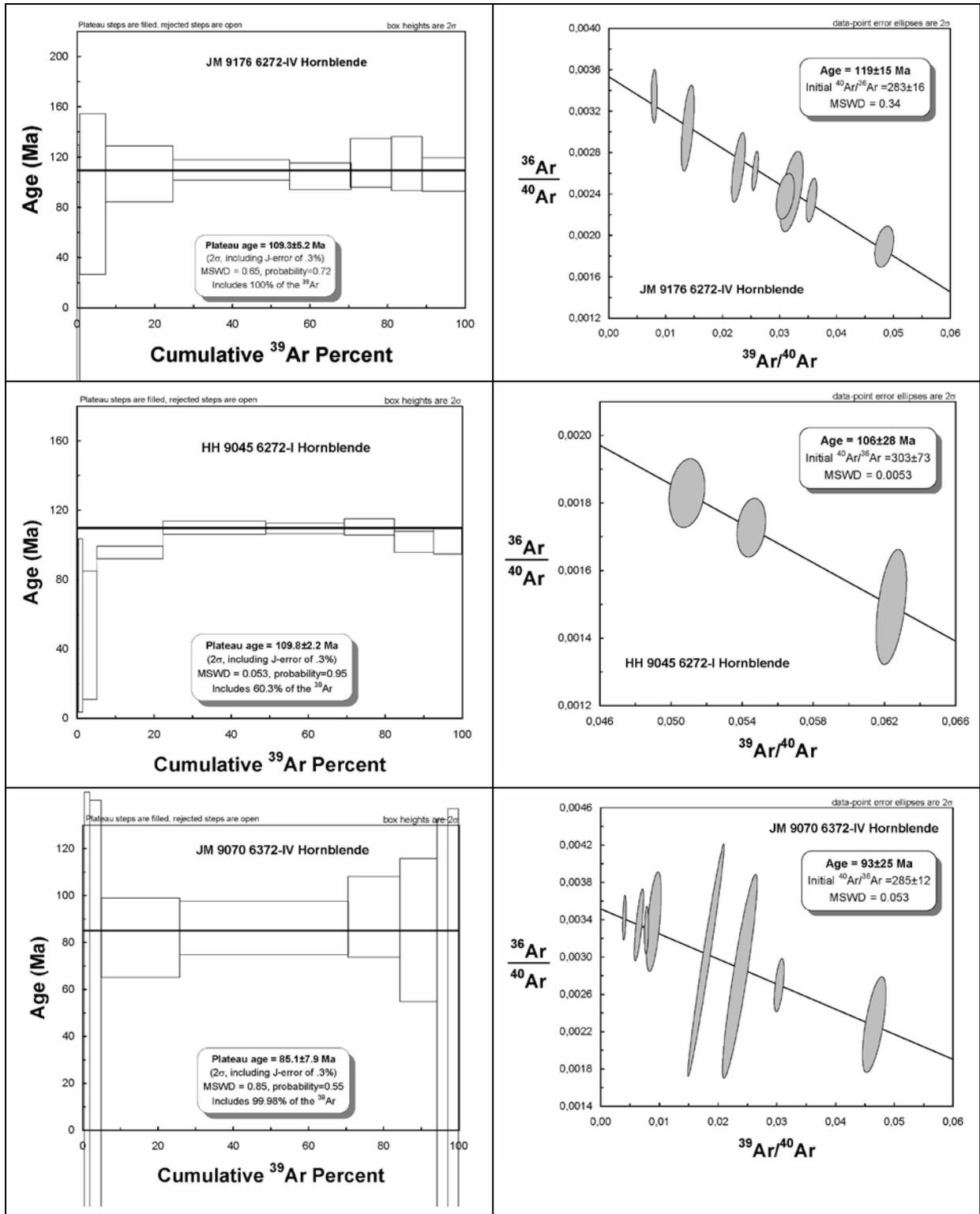
Los granitoides de composición tonalítica, intrusivos en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos, han sido muestreados en varios sectores de la Cordillera Oriental y datados por método Ar/Ar sobre hornblenda. :

- 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 16). 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.



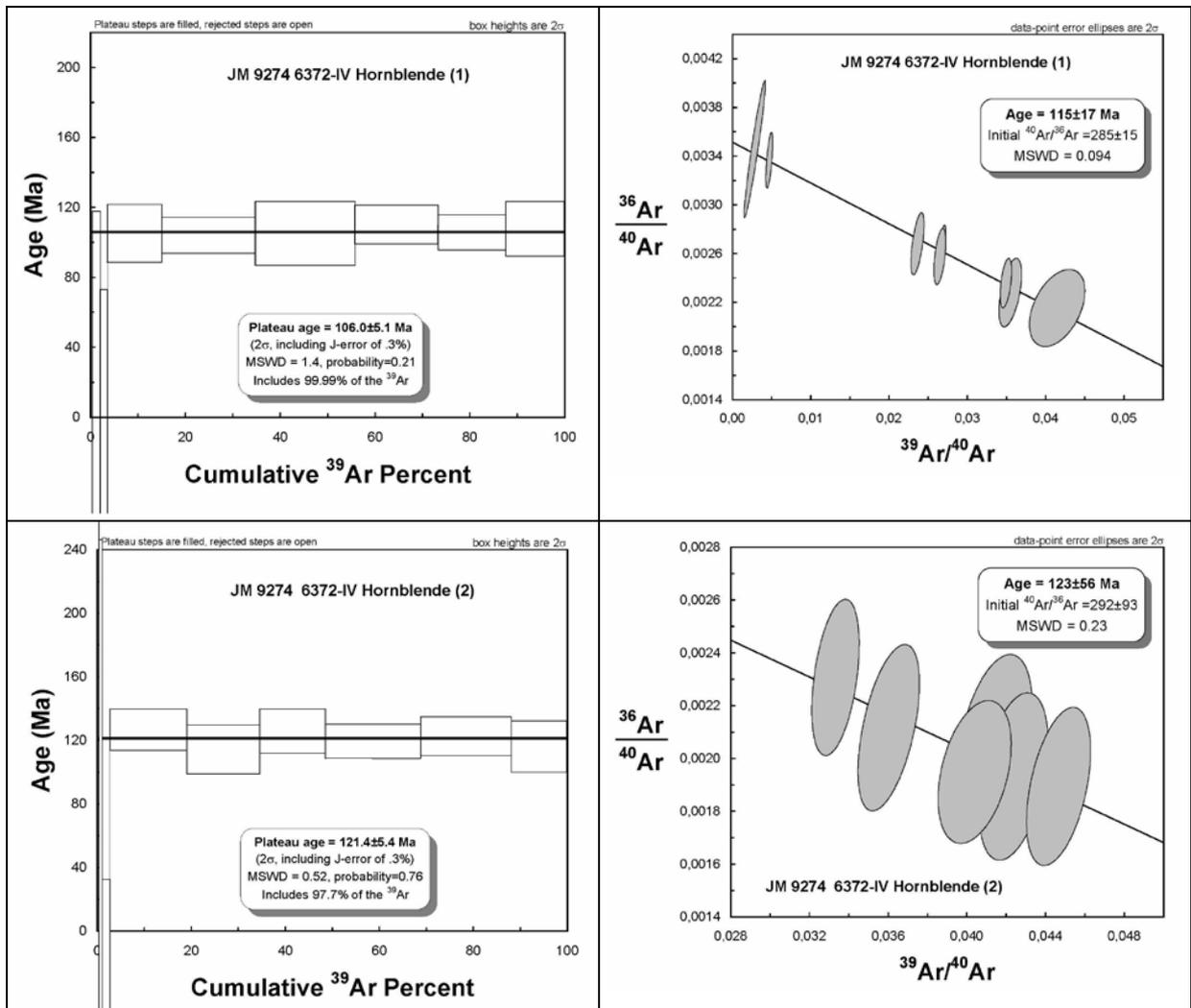


Figura 16 : Diagramas con las edades “plateau” y las isocronas realizadas por el método Ar/Ar de las muestras de granitoides (Proyecto L-Este).

3.5.2.3 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 17), 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.

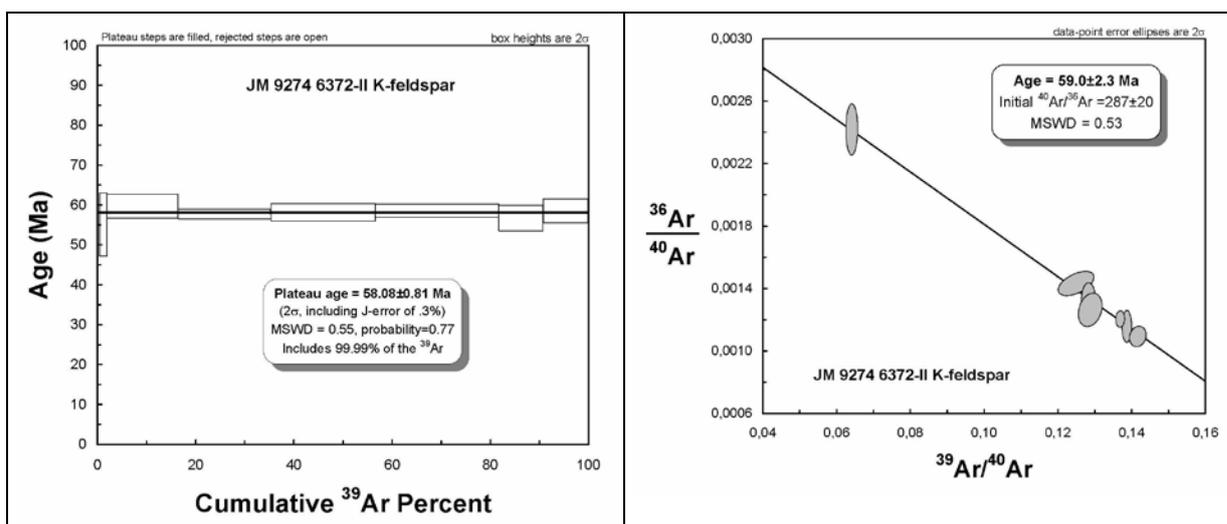


Figura 17 : Diagramas con la edad “plateau” y la isocrona realizadas por el método Ar/Ar de la muestra JM-9274 (Hoja de El Seibo - Proyecto L-Este).

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 18).

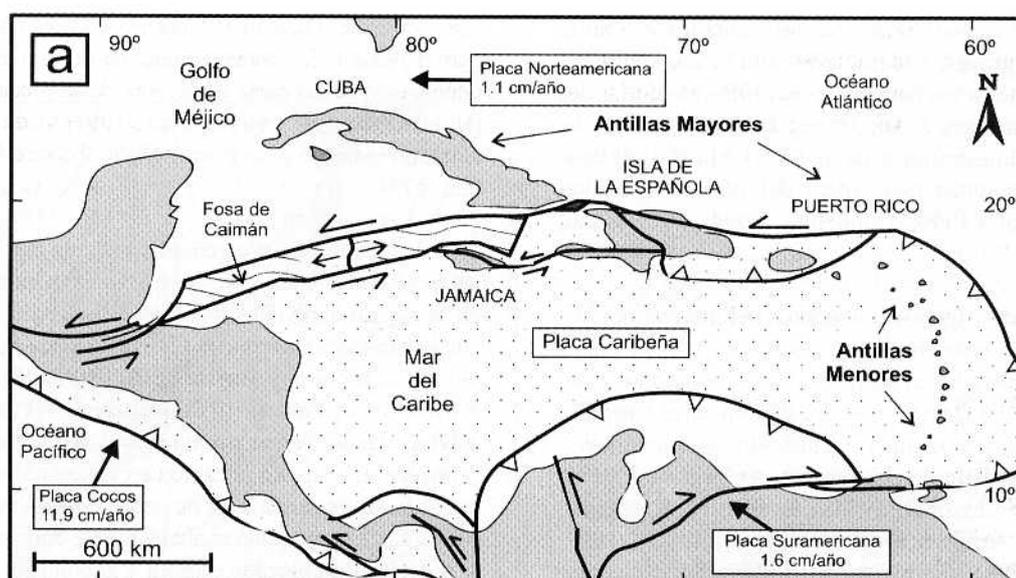


Figura 18 : Posición de la Placa Caribe. La Isla de La Española está situada sobre la zona activa de desgarre sinistral que separa las placas norteamericana y caribeña (Lewis J.F. et al., 2002).

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 19 y Figura 20).

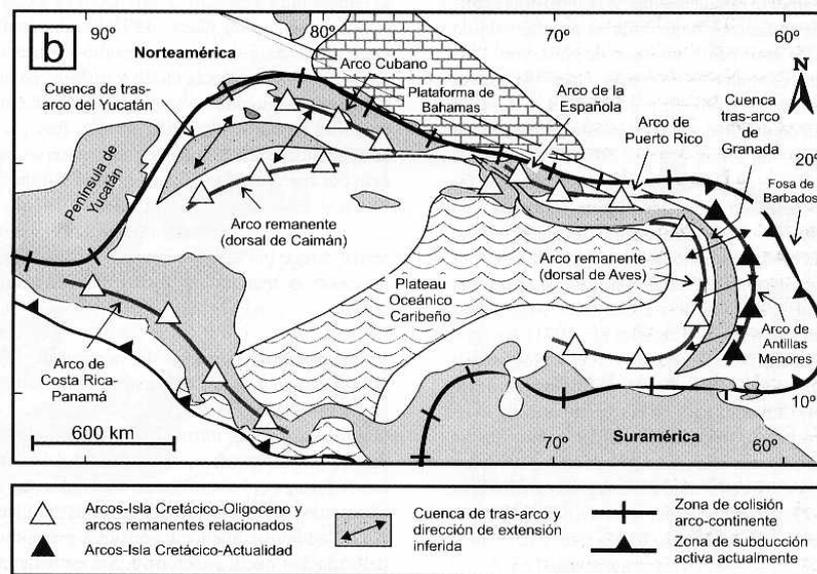


Figura 19 : Principales elementos tectónicos del sistema de arco- isla circum-caribeño de edad Cretácico Superior – Eoceno. (Lewis J.F. et al., 2002).

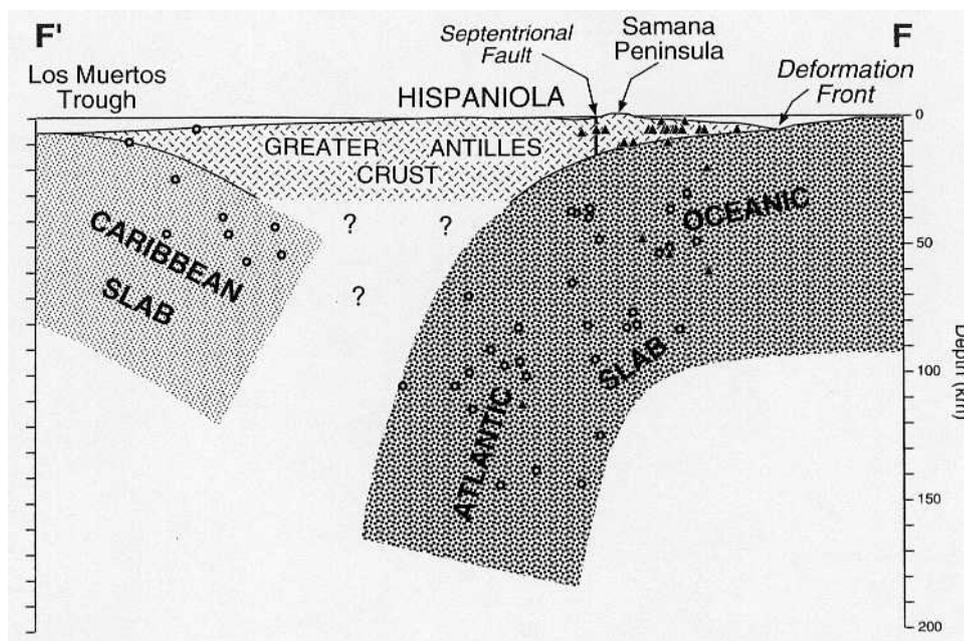


Figura 20 : Corte interpretativo que permite visualizar las relaciones entre La Isla de La Española y las placas Norteamericana y Caribeña (Dolan J.F. et al., 1998).

En su configuración actual (Figura 21), 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.

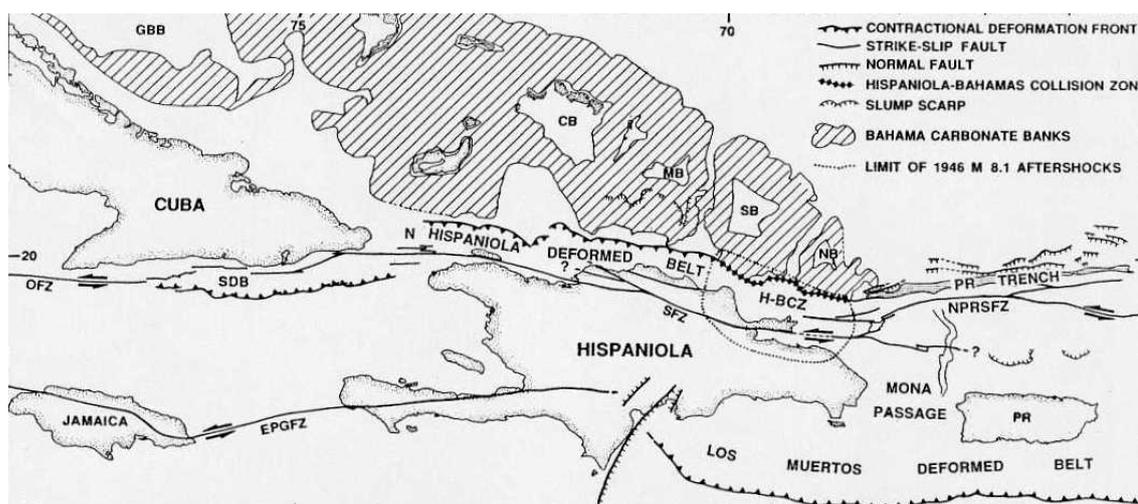


Figura 21 : Posición de La Isla de La Española y relación de los principales cizallamientos sinestros con la falla transformante Polochic/Caiman (Dolan J.F. et al, 1998).

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 22) 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.

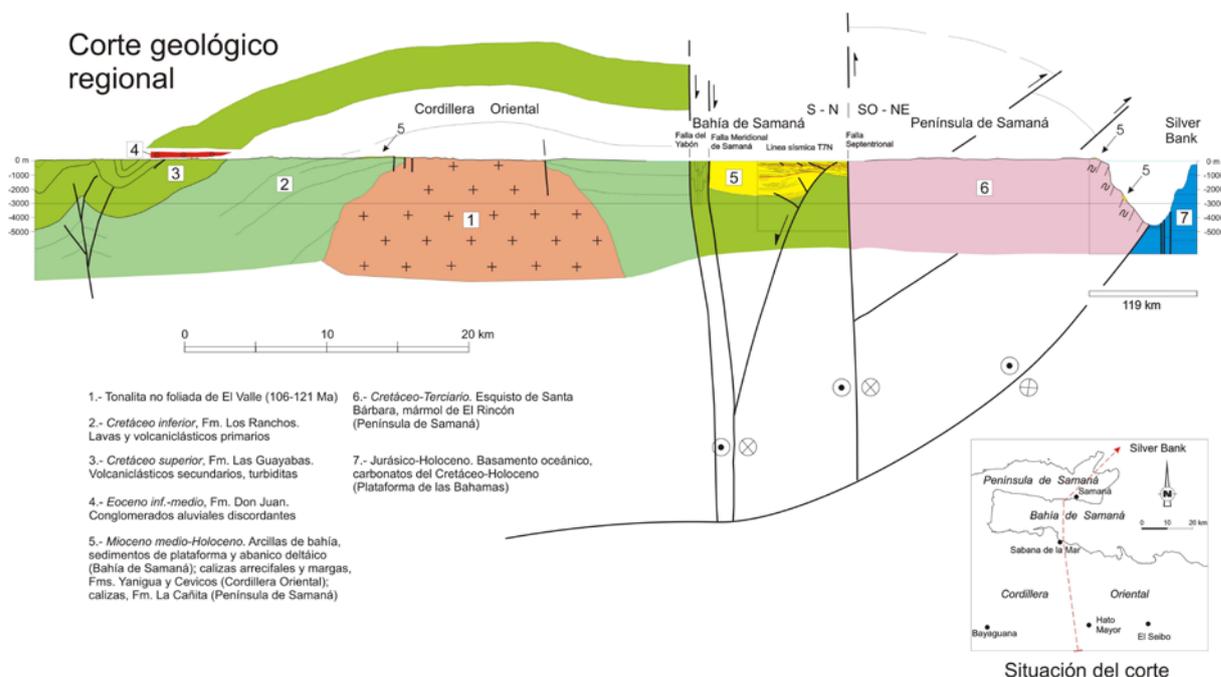


Figura 22 : Corte geológico regional entre la Cordillera Oriental Dominicana y la plataforma de las Bahamas. La interpretación de la línea sísmica T7N es de Edgar N.T. (1991), y se ha migrado usando los datos de velocidad del citado autor. El límite de placas marcado por focos de terremotos y la línea 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.

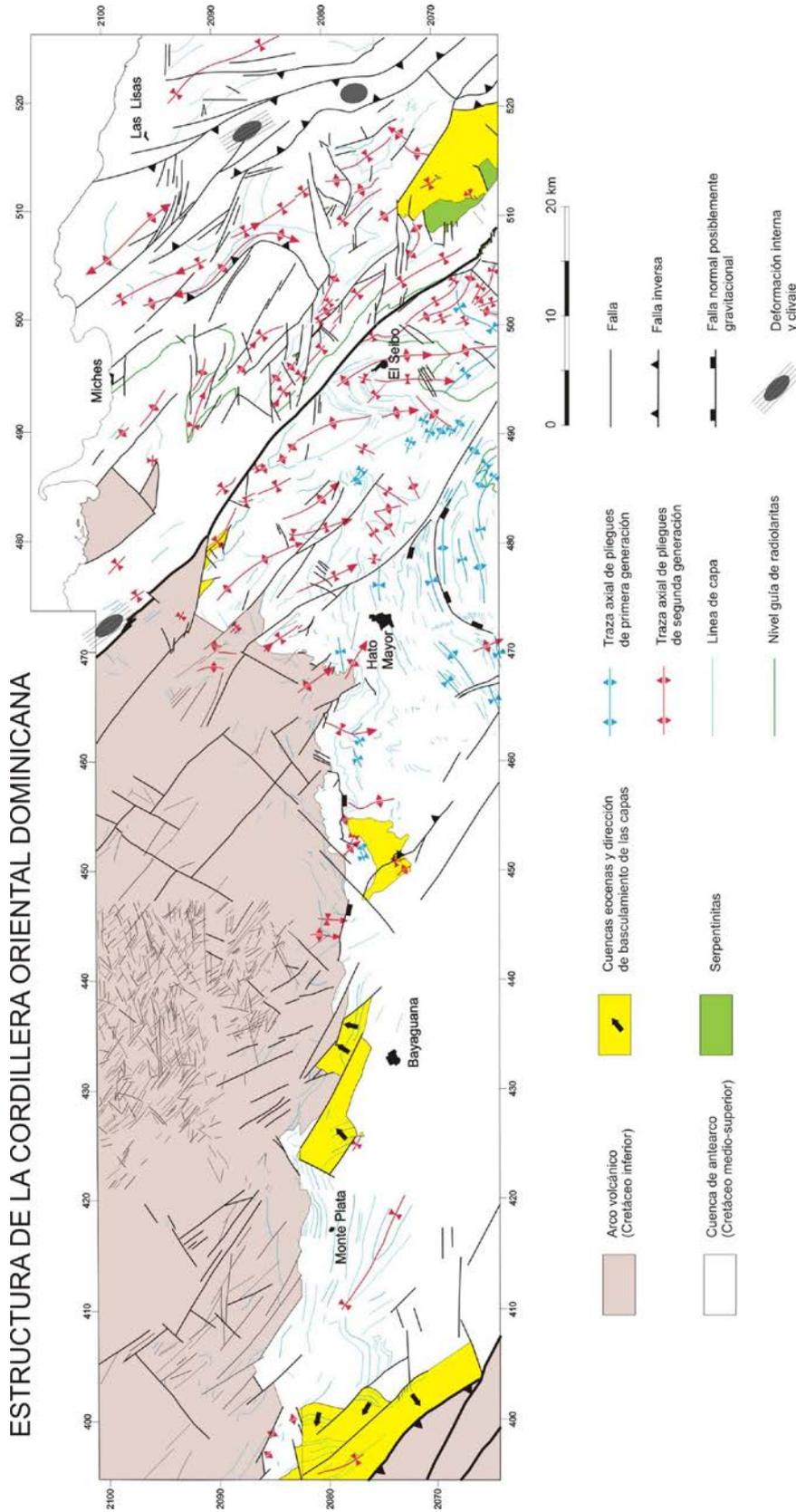


Figura 23 : Mapa tectónico de la Cordillera Oriental Dominicana con los principales elementos estructurales.

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 20, Figura 23). 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 23).

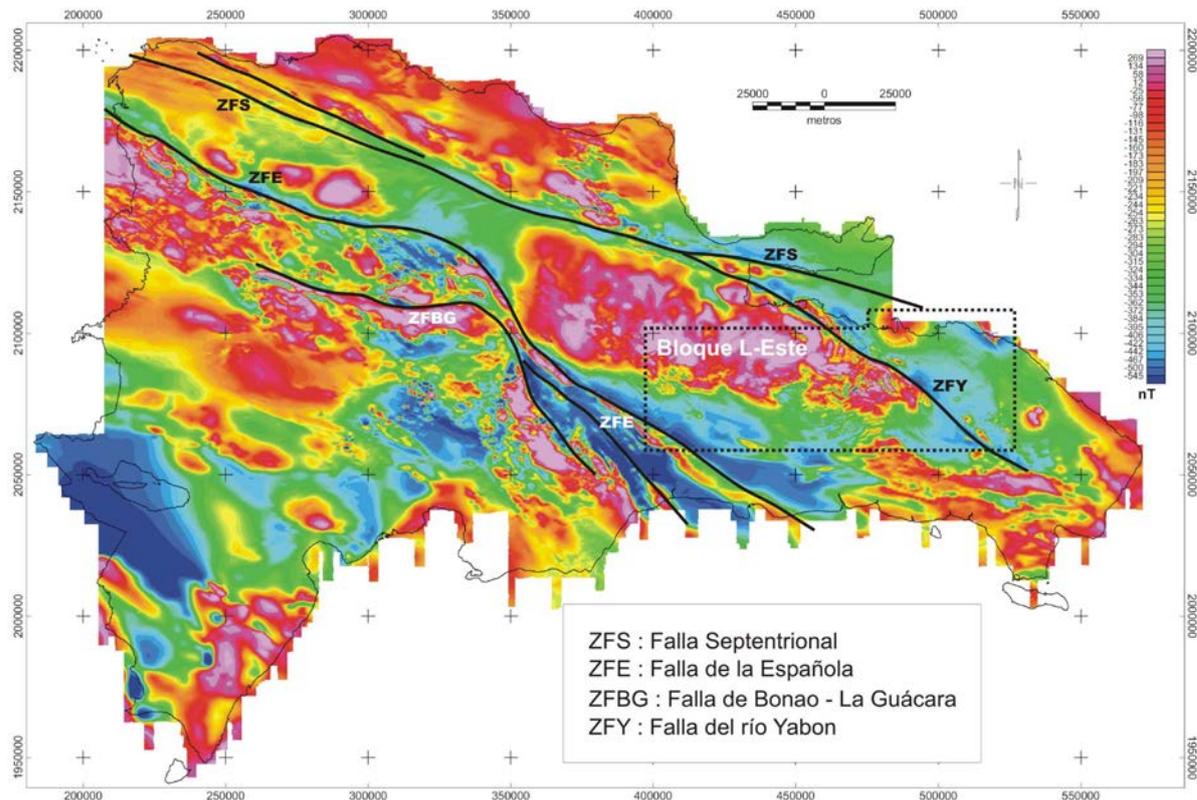


Figura 24 : Campo magnético total reducido al polo, localización del Bloque L-Este y de las principales zonas de falla de la República Dominicana.

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

24) 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 23). 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 23). 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 22) 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 22). El perfil transversal de estas cuencas es de tipo semigraben, con estratos rotados hacia las fallas (Figura 25). 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).

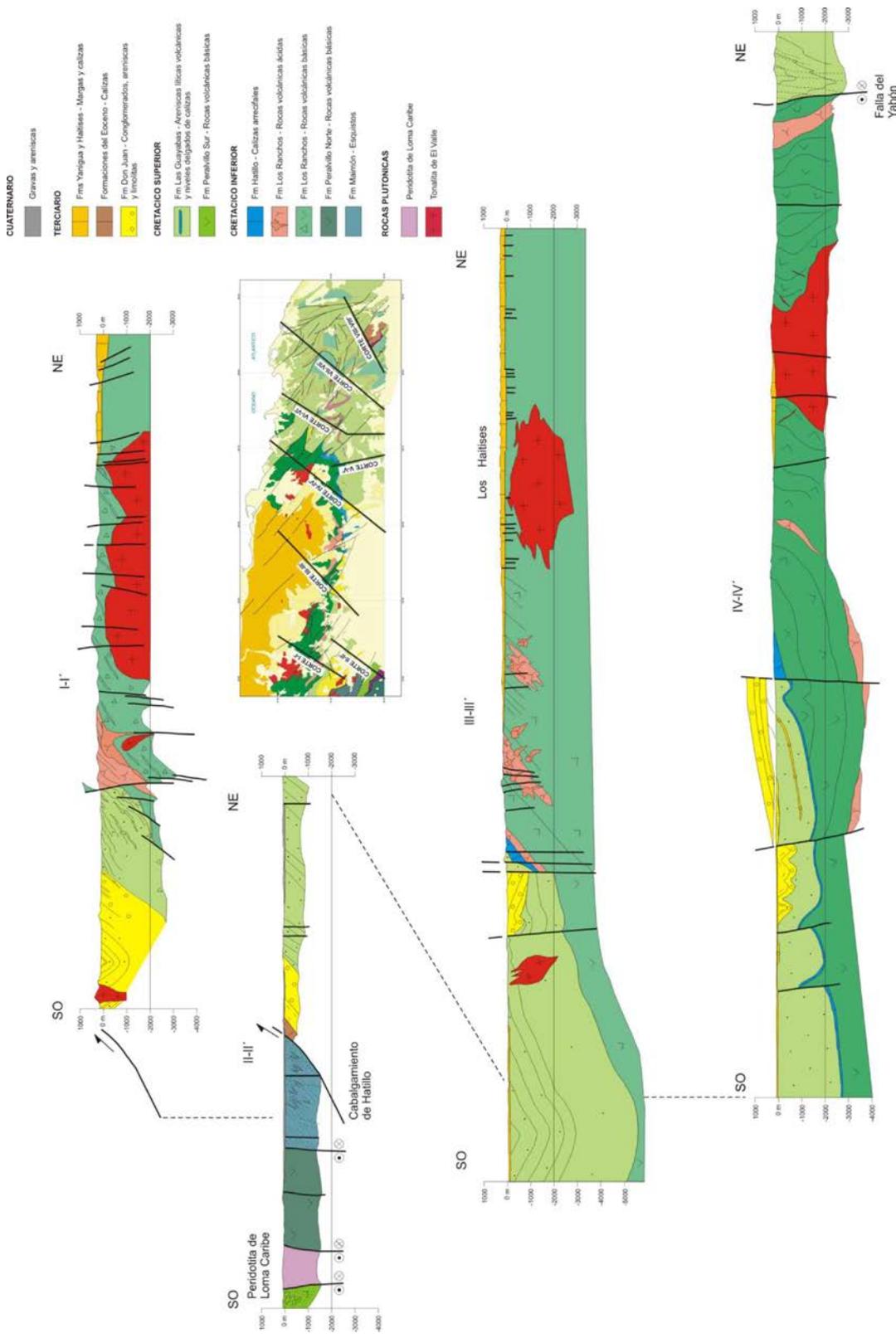


Figura 25 : Cortes geológicos seriados (I-I' a IV-IV') de la Cordillera Oriental Dominicana.

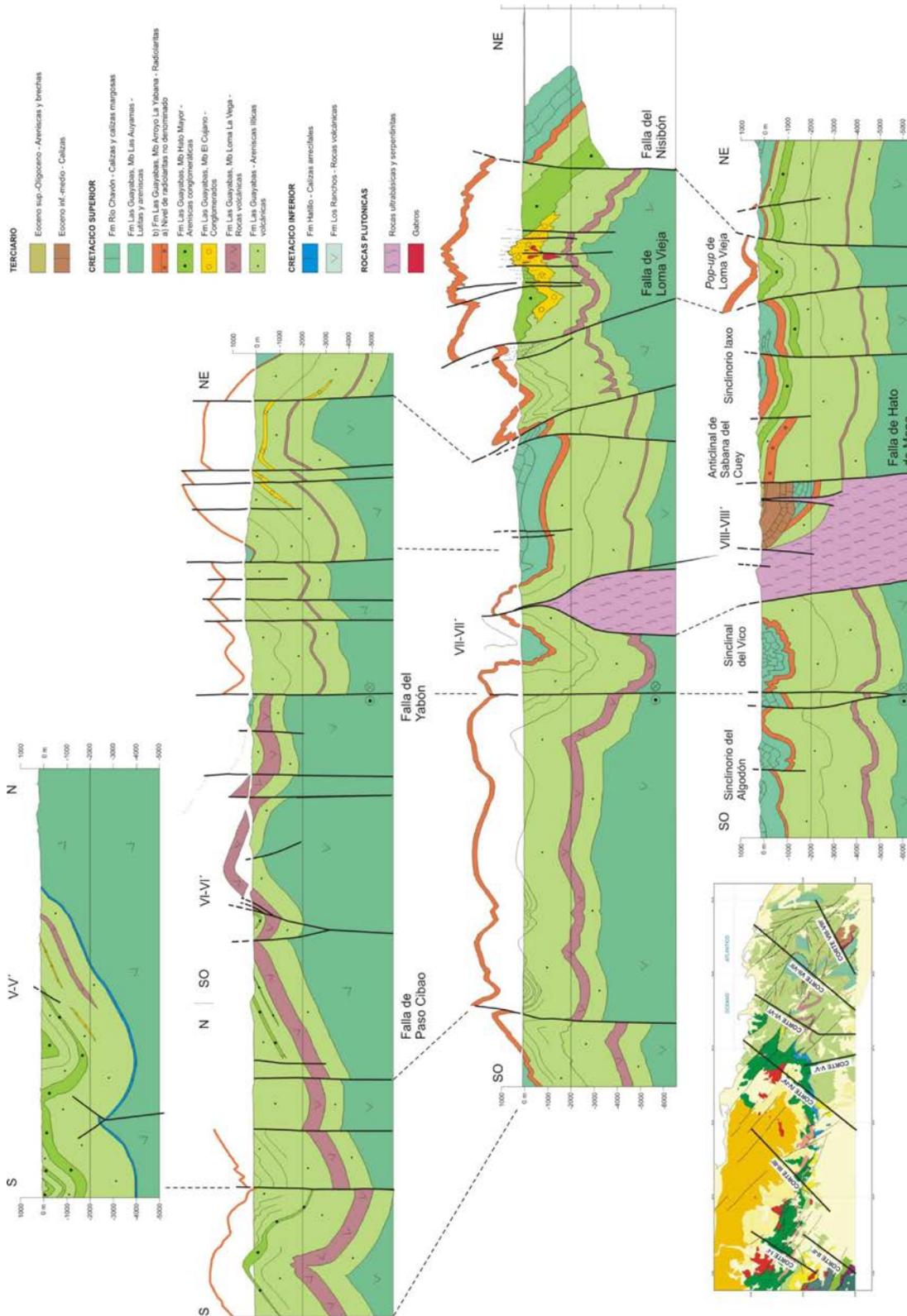


Figura 26 : Cortes geológicos seriados (V-V' a VIII-VIII') de la Cordillera Oriental Dominicana.

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 25, Figura 26). 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 23). 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 “SABANA GRANDE DE BOYÁ”

Las principales estructuras y unidades tectónicas de la Hoja 1/50 000 Sabana Grande de Boyá están definidas en el esquema estructural de la Figura 27, y en las secciones de la Figura 28.

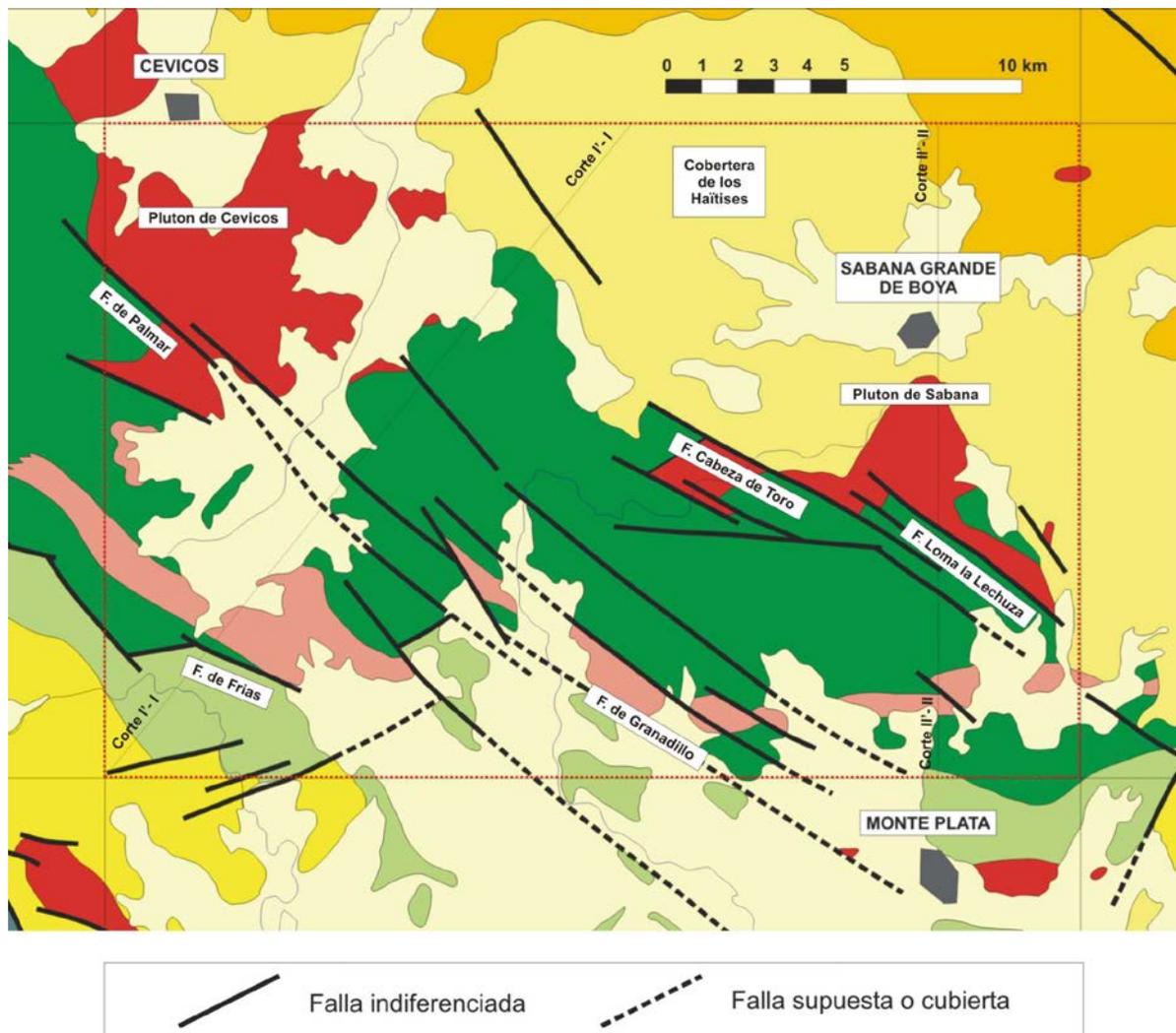


Figura 27 : Esquema estructural de la Hoja Sabana Grande de Boyá.

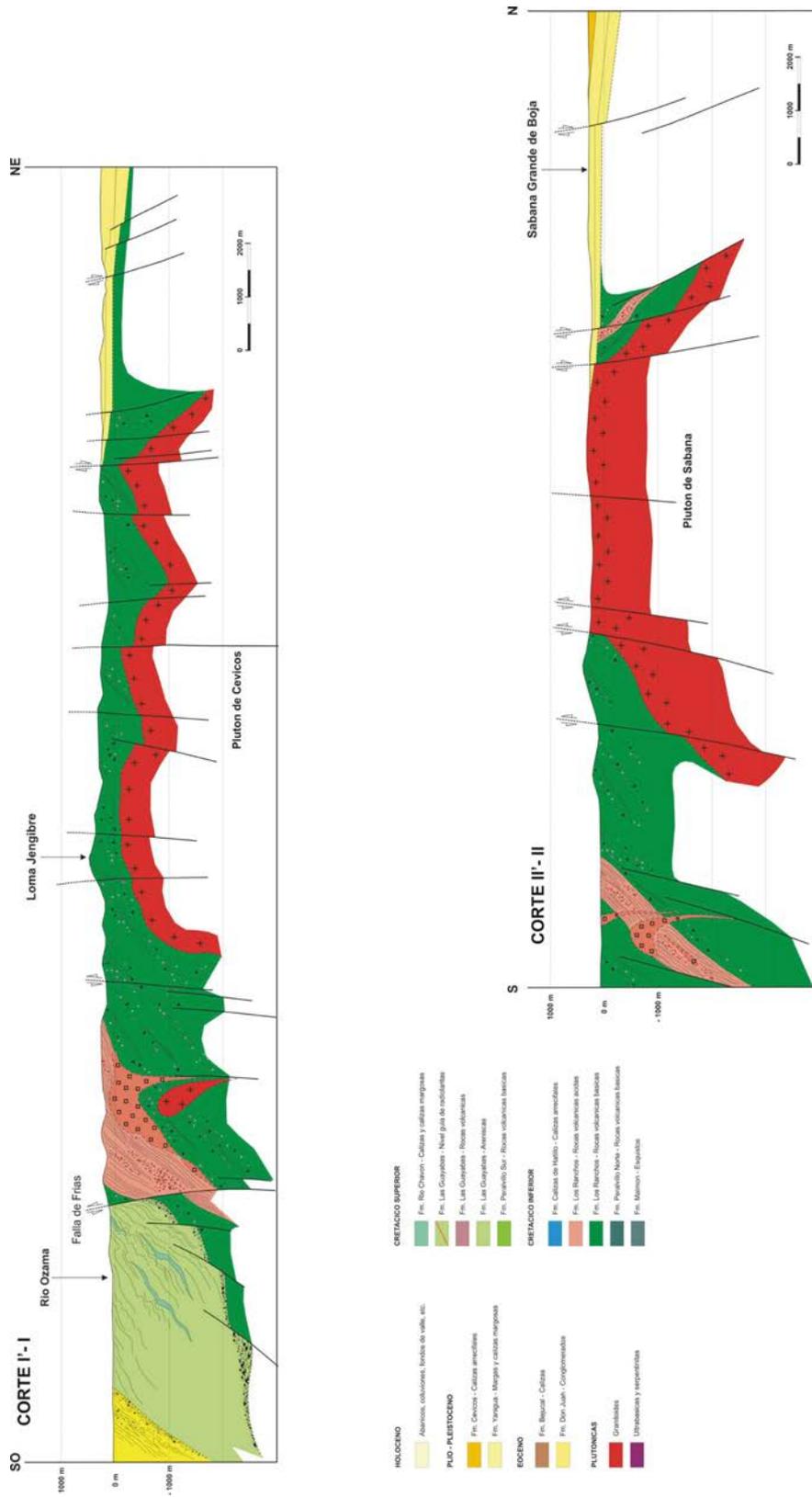


Figura 28 : Secciones geológicas de la Hoja de Sabana Grande de Boyá.

De forma general, parecen coexistir en esta Hoja dos conjuntos estructurales bien diferentes :

- un conjunto cretácico constituido esencialmente por rocas volcánicas y volcanoclásticas. Está intruido por los plutones tonalíticos de Cevicos y Sabana. Los terrenos cretácicos constituyen un conjunto monoclinal de dirección E-O, con pendiente, hacia el Sur, de una veintena de grados. Este monoclinal está picado por fracturas de dirección ENE-OSO y NO-SE, subverticales que parecen haber funcionado en distensión, por lo menos durante las fases más tardías de deformación ;
- una cubierta tabular plio-pleistoceno. Esta relacionada con Los Haitises y sólo presenta una deformación frágil distensiva NO-SE, bien visible en la orla SO.

4.3.1 Las estructuras frágiles

A escala de la Hoja, la red de fracturas se organiza siguiendo dos direcciones principales : NO-SE y ENE-OSO. Ninguna de estas fracturas se ha observado directamente sobre el terreno. Son deducidas de los contactos geológicos anormales, y/o de las rupturas topográficas, o de las anomalías geofísicas que provocan.

La dirección NO-SE predomina ampliamente y se traduce por varios pasillos en los que se relevan las roturas de esta dirección. Este es el caso del alineamiento que engloba la “**Falla de Palmar**” y la “**Falla de Granadillo**” ; atraviesa toda la extensión de la Hoja y continúa hacia el SE en la Hoja de Monte Plata donde está enmascarado por los recubrimientos cuaternarios. El alineamiento que reagrupa las fallas “**Cabeza de Toro**” y “**Loma la Lechuza**” es igualmente muy espectacular, limitando la extensión del plutón de Sabana, y también las facies de la cubierta de Los Haitises. Los juegos “tardíos” de esta familia de fallas influyen marcadamente la morfología del sustrato Cretácico y generan varios entalles y rupturas topográficas, bien visibles en fotografías aéreas. Estas fracturas condicionan, en gran medida, la estructuración de la red hidrográfica actual.

La dirección ENE-OSO es más discreta. Algunas rupturas de esta dirección están presentes en el ángulo SO de la Hoja, se asocian a fallas NO-SE y limitan la extensión de los terrenos del Cretácico Superior de la región de Frías (**Falla de Frías**), así como a la extensión de las

arcillas y conglomerados de la Fm Don Juan. En la cubierta de Los Haitises, esta dirección de fracturación es igualmente visible cerca de Sabana Grande de Boyá.

4.3.2 Las deformaciones en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos

El análisis estructural de los terrenos de la Fm Los Ranchos se ha visto dificultado por dos razones principales :

- dificultad para encontrar afloramientos de calidad en esta formación, muy sensible a la alteración meteórica,
- cuando existen afloramientos, los elementos estructurales clásicos no son siempre aparentes; en efecto, se trata de facies volcánicos esencialmente efusivos o de explosión (lava, brechas, etc.), no necesariamente estratificados.

Los polos de planos de estratificaciones medidos en esta formación (Figura 29), no presentan organización que pueda traducir la existencia de pliegues. Los valores se reagrupan alrededor de un máximo indicando una dirección media N105°E, con un buzamiento hacia el SO de 25°. Este resultado confirma el paso monoclinial general de la formación ya mencionada en la introducción a las características estructurales de la Hoja Sabana Grande de Boyá.

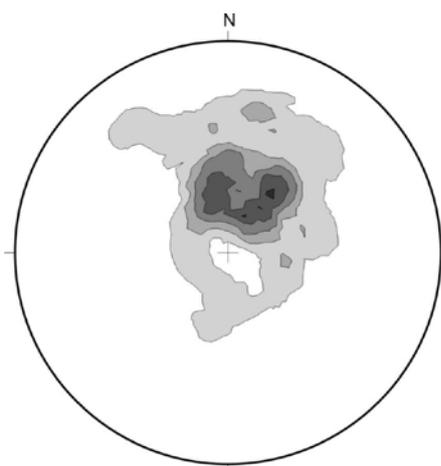


Figura 29 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio Inferior) de los polos de los planos de estratificación medidos en la Fm Los Ranchos a nivel de la Hoja Sabana Grande de Boyá (81 medidas). Indican una orientación media de la estratificación siguiendo el plano N105°E – 25°SE.

4.3.3 Las intrusiones tonalíticas de Cevicos y de Sabana, y las relaciones con su encajante

Los macizos tonalíticos de Cevicos y de Sabana son intrusivos en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos y engendran, en su orla, un metamorfismo térmico de extensión reducida. Las volcanitas de la Fm Los Ranchos están afectadas en una banda de alguno ciento de metros. Esto se traduce por un oscurecimiento y una silicificación de la roca que toma el aspecto de un chert negro, con rotura en esquirlas y con puntos de cristales milimétricos de piritita. Localmente, se puede hablar de una nueva formación de porfiroblastos de probable cordierita, que ahora se han remplazado por un agregado microcristalino de opacos.

Los contactos con el encajante están en general débilmente inclinados. El contorno sigue regularmente las curvas de nivel, el macizo tonalítico está presente a débil profundidad y su techo es casi horizontal.

En el conjunto de la Hoja y, en particular, a nivel de los bordes, no se observan ni esquistosidad ni orientación preferencial de los minerales, la textura de la tonalita es, en todo punto, uniforme.

El paso de las fallas y fracturas que la afectan no se observó en el terreno, pero se dedujo del examen de las fotos aéreas y de la hoja topográfica. Debe considerarse que las principales diaclasas medidas en las tonalitas se reparten siguiendo las direcciones N130°E y N65°E.

4.3.4 Las deformaciones en los terrenos sedimentarios del Cretácico Superior

Los polos de los planos de estratificación medidos en los afloramientos del Cretácico Superior situados en la orla sur de la Hoja, se reportaron en una proyección estereográfica (Figura 30). La distribución es comparable a la obtenida para la Fm Los Ranchos, con un máximo N100-110°E – 50°SO. No obstante aparece una repartición que sigue un “gran círculo”. El polo de este “gran círculo” corresponde a la dirección del eje de plegamiento que afecta esta estratificación. Este eje tiene dirección N20°E y un buzamiento de 38° hacia el SO.

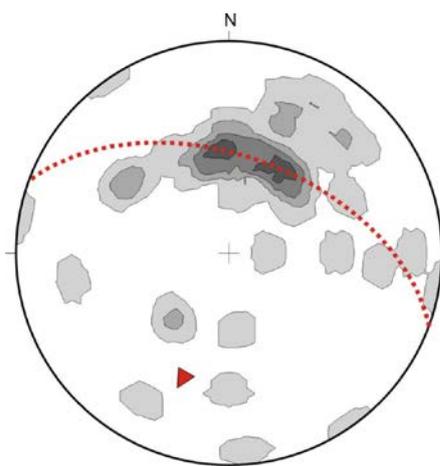


Figura 30 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio Inferior) de los polos de los planos de estratificación medidos en el Cretácico Superior de la Hoja Sabana Grande de Boyá (45 medidas). Se observa una repartición que sigue un gran círculo, eje N20°E – 38°SO.

A escala del afloramiento y de la Hoja, no se observó ninguna estructura de este tipo. Conviene, por lo tanto, tomar con reserva la aparente organización revelada por el estudio estereográfico.

4.3.5 La discordancia del Eoceno con el sustrato Cretácico

Los terrenos eocenos de la Fm Don Juan se limitan al extremo Sur-Oeste de la Hoja. Son discordantes en las formaciones anteriores, pero los datos existentes en la Hoja no son suficientes para avanzar en la interpretación. Los escasos buzamientos observados indican que los terrenos eocenos tienen orientación NNE-SSO, con inclinaciones de 30 a 50°, indiferentemente, hacia el SE y el NO. Más que la discordancia, es sobre todo la naturaleza de los sedimentos eocenos que subraya la importancia de las deformaciones tectónicas final-Cretácico y ante-Eoceno. Se trata, en efecto, de un conglomerado de cemento arcilloso rojo violáceo, cuyos cantos rodados provienen de la erosión de las diferentes series cretáceas volcánicas, volcano-detriticas y carbonatadas.

4.3.6 Las deformaciones en la cubierta plio-pleistoceno de los Haitises

Las margo-calizas de los Haitises constituyen una cubierta perfectamente tabular y discordante en los terrenos anteriores. La superficie de base de esta formación está a una altitud variable dependiendo del sector, comprendido entre las alturas 100 y 300 m.

Esta importante variación refleja la irregularidad de la superficie antes del depósito de los sedimentos de Los Haitises, pero igualmente y sobre todo, el juego sin – y post – depósito de las fallas de dirección NO-SE que afectan esta cubierta. La morfología actual de Los Haitises refleja ampliamente esta dirección de fracturación.

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 Monte Plata (6272), 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 disposición tectónica; 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 volcánico-sedimentario cretácico de la sierra de Yamasá ha provocado la creación y desnivelación de bloques, así como el encajamiento rectilíneo de algunos tramos de la red fluvial y el desarrollo de capturas. Por el contrario, los niveles calcáreos poco deformados de Los Haitises y la Llanura Costera del Caribe han dado lugar a extensas superficies estructurales, con desarrollo de una gran riqueza de formas kársticas en el caso de la primera región y cubierta por extensos abanicos aluviales de baja pendiente en el de la segunda.

5.1.1.1 Formas estructurales

Se encuentran diseminadas por todo el ámbito de la Hoja, encontrándose su mayor variedad en la zona montañosa; pese a lo cual es en el resto donde son 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 límite entre la sierra y la planicie meridional, así como en la orientación de las formas de disolución kárstica, de diversos segmentos de la red fluvial y de las elevaciones montañosas.

Las *fallas con expresión morfológica* se agrupan en torno a dos familias principales: NO-SE y E-O. Las primeras son muy abundantes en la sierra, de la cual condicionan la estructura interna, así como pequeños segmentos de su límite con la Llanura Costera del Caribe; también adquieren una densidad notable en Los Haitises, condicionando la orientación de su densa red de dolinas. Pese a su menor número, las segundas no carecen de importancia, ya que parecen integrar el límite entre la sierra y la llanura.

Corresponden a fallas normales y desgarres cuya longitud puede superar 10 km. En ocasiones, 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 y que se concentran en el sector suroriental de la sierra, entre ellos: *escarpes de falla degradados y en retroceso, frentes montañosos lineales y facetas triangulares de escarpe de falla*. A través de indicios menos evidentes se deducen *alineaciones morfológicas con control estructural* como las que condicionan las áreas intensamente meteorizadas por las que discurren los ríos Payabo y Cevicos.

Mayor extensión tienen las formas producidas a favor de capas horizontales, entre las que se encuentran *escarpes*, con frecuencia asociados a *superficies estructurales*; dentro de ésta, destaca especialmente la que configura la Llanura Costera del Caribe, si bien el recubrimiento aluvial la enmascara en buena medida. Estas superficies aparece más ampliamente *con retoques erosivos* asociadas a los resaltes carbonatados de la Fm Yanigua en el entorno de Sabana Grande de Boyá o *degradadas*, siendo la más destacada la superficie superior de Los Haitises.

5.1.2 Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la sierra de Yamasá y las plataformas carbonatadas de Los Haitises y la Llanura Costera del Caribe tiene como resultado una expresión sensiblemente diferente. Así, el modelado de la sierra es el producto de una larga evolución presidida por los procesos ígneos y tectónicos acaecidos a lo largo del periodo Cretácico-Terciario, generadores de relieves positivos, sobre los que han actuado, con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o modelado de dichos relieves, destacando los de carácter fluvial y gravitacional.

En el caso de Los Haitises y la Llanura caribeña, puede considerarse que la creación de su fisonomía básica arranca con la génesis de la plataforma carbonatada plio-cuaternaria a ambos lados de la Cordillera. Debido a la conjunción de varios factores, los procesos *kársticos* han actuado con especial eficacia en la vertiente septentrional, mientras que en la meridional la dinámica *fluvial* ha sido el condicionante principal.

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

5.1.2.1 Formas gravitacionales

Pese a los importantes desniveles existentes en el ámbito de la sierra, no se trata de formas excesivamente extendidas ni de grandes dimensiones, en buena parte como consecuencia de la propia dinámica de retroceso de las vertientes, que provoca su permanente evolución.

Las más extendidas son los *coluviones*, formados como respuesta al desequilibrio provocado en las laderas por la erosión fluvial y la actividad neotectónica; se distribuyen irregularmente, aunque con mayor frecuencia en el sector central de la sierra. Pese a la habitual formación de *deslizamientos* en la zona montañosa como consecuencia de sus elevadas pendientes y precipitaciones, además de la abundancia de materiales arcillosos generados por alteración del sustrato cretácico y la frecuencia de eventos sísmicos, son escasos los ejemplares cartografiados observados debido a la elevada velocidad de meteorización y al rápido crecimiento de la vegetación, que hacen que sus *cicatrices* queden

rápidamente enmascaradas, dificultando extraordinariamente su reconocimiento; no obstante, se han identificado varios en el sector comprendido entre Monte Plata y Sabana Grande de Boyá. Otro tanto puede decirse para los depósitos generados por *reptación superficial*, de los que tan sólo se ha reconocido un afloramiento, localizado al NO de Monte Plata.

5.1.2.2 Formas fluviales y de escorrentía superficial

Son con mucho las más ampliamente representadas pese a estar prácticamente ausentes en el interior de Los Haitises. Constituyen la práctica totalidad de la superficie de la Llanura Costera del Caribe, donde destaca la extensión de los abanicos aluviales de baja pendiente, sin olvidar la frecuente orla de abanicos y conos de deyección que se disponen al pie de los relieves. La mayor variedad de depósitos fluviales se encuentra en el valle del río Ozama, en cuya llanura aluvial se han diferenciado: fondo de valle, llanura de inundación, cauces y meandros abandonados y terrazas.

Los *fondos de valle* son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de los principales elementos de la red fluvial actual. En general se trata de formas muy estrechas, especialmente en el ámbito de la sierra, coincidentes con el canal de estiaje. Los más destacados discurren por la planicie, con carácter más o menos divagante, en el seno de amplias bandas correspondientes a las *llanuras de inundación*.

En cuanto a las *terrazas*, sus representantes también aparecen asociados a los principales cursos, destacando los sistemas de los ríos Ozama y La Savita; aparecen como pequeñas plataformas, más o menos elevadas y paralelas con relación al curso actual. En ningún caso se han reconocido escalonamientos de más de dos sistemas encajados, siempre con cotas inferiores a 30 m, por lo que, de modo informal se consideran terrazas bajas. Probablemente, la ausencia de niveles superiores sea la consecuencia del bajo potencial de encajamiento debido a la escasa diferencia altimétrica entre la llanura y su nivel de base, constituido por el mar Caribe; en el caso de la sierra, la ausencia de niveles superiores se debe probablemente a su total desmantelamiento por la acción conjunta de los procesos fluviales y gravitacionales.

Mucha mayor representación tienen los *conos de deyección* y los *abanicos aluviales*, entre los que se han reconocido dos sistemas. Se forman en la confluencia entre pequeños ríos y

arroyos con valles de mayor entidad, en los cuales la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose sobre el cauce, la llanura de inundación u otro abanico más antiguo; cuando los ápices se encuentran próximos entre sí, se producen formas coalescentes. Alcanzan longitudes de hasta 3 km con respecto al ápice, sensiblemente inferiores a las de los abanicos de baja pendiente, probablemente como consecuencia de la menor densidad de carga en el caso de estos últimos.

El *sistema más antiguo* 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 orlando los relieves del sector suroccidental y los de la depresión de los ríos Payabo y Cevicos. Por su parte, el *sistema más moderno* agrupa los dispositivos potencialmente funcionales como se deduce de su mínimo retoque erosivo; sus ejemplares se concentran principalmente en el sector suroriental de la sierra de Yamasá.

Especial interés merecen los *abanicos aluviales de baja pendiente* que partiendo al pie de la sierra tapizan la superficie estructural de la Llanura Costera del Caribe, de la que sólo “emergen” una serie de isleos de pequeña envergadura, en tanto que la red fluvial la ha incidido sólo levemente. Es la formación superficial más extensa de la Hoja y de todo el piedemonte meridional de la sierra de Yamasá y la Cordillera Oriental, configurando una monótona e inmensa planicie ligeramente inclinada desde una cota próxima a 100 m al pie de la sierra hasta 20 m en el sector meridional. Probablemente su génesis está relacionada con el último periodo de inestabilidad de la sierra, tras el cual ha sufrido una tendencia general de encajamiento.

Entre las formas erosivas se han reconocido: *incisión lineal*, ampliamente representadas por toda la zona, si bien sus ejemplos más notorios se encuentran en el dominio montañoso, donde la dinámica fluvial ha dado lugar a: *gargantas* y *cañones*; *rápidos* y *cascadas*; *pérdidas de drenaje*, debidas a procesos de infiltración, muy frecuentes en las zonas kársticas; *aristas*, que poseen una notable representación en la sierra.

La red de drenaje muestra características sensiblemente diferentes según las zonas. En el ámbito de Los Haitises su funcionamiento es errático, ya que al discurrir sobre la formación del mismo nombre está condicionado por el funcionamiento kárstico; tan sólo en su sector

meridional la red posee continuidad (pese a las frecuentes pérdidas de drenaje), especialmente al atravesar los afloramientos de la Fm Yanigua. Poseen carácter consecuente propiciado por los frecuentes cañones; también son frecuentes los saltos de agua, debido a los escalonamientos producidos por los resaltes carbonatados de dicha formación. La geometría de este sector es de tipo dendrítico, excepto en los cursos más internos de la región, donde se aprecian tendencias de tipo contorsionado.

La geometría y el carácter de la red están fuertemente condicionados por la litología y la estructura al atravesar la sierra de Yamasá, donde se observan numerosos cursos que cambian de orientación al alcanzar fallas a favor de las cuales discurren linealmente y que, sin duda, han favorecido tanto los fuertes encajamientos existentes como las capturas; éstas han incrementado la erosión remontante, cuya acción ha permitido el retroceso de la divisoria actual sensiblemente más al Norte del eje de la sierra. El carácter de los ríos principales es de tipo consecuente, con un abundante cortejo de afluentes de tipo subsecuente, adaptados a estructuras orientadas según la dirección general de la sierra. Predominan las geometrías de tipo dendrítico, si bien coincidiendo con los sectores más abruptos muestran un patrón contorsionado.

En cuanto a su carácter en la Llanura Costera del Caribe, es netamente consecuente, discurrendo a favor de la máxima pendiente regional, con tendencias divagantes en el caso del Ozama al llegar a cotas Inferiores a 40 m sobre el nivel de base. Por lo que respecta a su geometría, es de tipo dendrítico.

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 de ella, que parecen haber actuado con mayor energía a partir de la vertiente meridional; y el avance de la disolución en el macizo calcáreo de Los Haitises.

5.1.2.3 Formas por meteorización química

Junto con las formas de origen fluvial son las más extendidas, tanto por el desarrollo de los procesos kársticos de Los Haitises como por los extensos mantos de alteración que afectan al resto de la zona.

Dentro de las *áreas con intensa karstificación*, sin duda la forma más espectacular es el *campo de grandes dolinas* de forma elipsoidal que caracteriza la región de Los Haitises, observándose una orientación preferente de las mismas en dirección NO-SE. La simple observación de un mapa topográfico da idea de su impresionante densidad, con ejes mayores que pueden superar 500 m y frecuentes profundidades de 100 m. No obstante, cuando sus dimensiones lo han permitido, las *dolinas* han sido representadas de forma individualizada.

En el borde de la región, la disolución vertical se ha detenido al alcanzar el sustrato impermeable integrado por los materiales volcánicos-sedimentarios cretácicos, los cuerpos intrusivos tonalíticos o los niveles margosos de la Fm Yanigua, con lo que la disolución ha dado lugar a un retroceso lateral del macizo calcáreo, desarrollándose *uvalas* por confluencia de varias dolinas o *poljés* de dimensiones notables, como el de Sabana del Medio, en cuyo seno aparecen típicos montículos o hums (haitises) a modo de relictos del macizo; en un estado evolutivo menos maduro existen *áreas con dolinas y hums* en proporciones similares. Cuando la karstificación ha actuado sobre las superficies estructurales desarrolladas a favor de los niveles carbonatados de la Fm Yanigua, el resultado son los campos de pequeñas dolinas, como el del Batey de Sabana Larga.

En cuanto a las formas debidas a procesos de meteorización química en rocas no carbonatadas, también se encuentran ampliamente extendidos. Se reconocen *alveolos de alteración*, correspondientes a depresiones afectadas por una intensa meteorización debido a la confluencia de diversas fracturas, destacando las depresiones por las que discurren los ríos Payabo y Cevicos. Sin duda, una de las formas más extendidas por toda la región son las *argilizaciones*, típico resultado de los procesos de meteorización en ambientes tropicales; afecta a un amplio espectro de sustratos, desde los materiales volcánicos-sedimentarios cretácicos hasta las terrazas y abanicos aluviales cuaternarios. Es frecuente en la región el desarrollo de *ferruginizaciones* a techo de la alteración laterítica; no obstante, en el ámbito de la Hoja tan sólo se han reconocido en San Pedro, donde dan lugar a un ligero resalte morfológico pese a su reducido espesor.

La forma más extendida como resultado de la alteración de los cuerpos intrusivos es la *arenización*, distribuida por el sector noroccidental. No obstante, en función del diaclasamiento de la roca, así como de su composición y textura, la meteorización de este tipo de cuerpos da lugar a relieves en *bolos*.

5.1.2.4 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 superficies de erosión degradadas, escarpes, cerros cónicos y picos principales. Se concentran en el ámbito de la sierra, por lo que no son muy abundantes, ya que allí la velocidad de los procesos erosivos da lugar a una conservación efímera de las formas.

Destacan los pequeños restos de *superficies de erosión degradadas*, con cotas cercanas a los 200 m, cuya génesis probablemente esté relacionada con el relieve previo al depósito marino de la Fm Yanigua. Los principales *escarpes* se encuentran en la vertiente meridional del pico Lovatón, con desniveles de hasta 200 m. También en el sector occidental de la sierra se encuentran los *picos principales*, de elevación moderada en cualquier caso. Por lo que respecta a los *cerros cónicos*, son muy escasos, a diferencia de los de origen estructural.

5.1.2.5 Formas antrópicas

La actividad antrópica constituye una importante característica en diversas zonas, estando relacionada principalmente con la modificación del paisaje debida a los usos del suelo para actividades agropecuarias, labores extractivas, construcción de redes de transporte y asentamientos urbanos o de tipo industrial; localmente, la remoción de materiales y la modificación de la topografía original son intensas, bien allanando, rellenando o ahuecando el terreno. Obviamente, no se han representado las modificaciones antrópicas plasmadas en la base topográfica.

La única forma susceptible de ser representada cartográficamente por sus dimensiones es la *cantera* existente en las inmediaciones de Sabana Grande de Boyá, cuyo impacto visual permite observarla desde varios kilómetros de distancia.

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 sierra de Yamasá, su fisonomía actual empieza a perfilarse a comienzos del Cuaternario, cuando la sierra poseía una envergadura Inferior a la actual, estando

flanqueada al Norte y al Sur por las plataformas carbonatadas arrecifales que llegarían a convertirse posteriormente 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 al NE 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 aquélla, más difícil de identificar por la evolución seguida posteriormente.

El complejo arrecifal septentrional, muy estrecho, migraría paulatinamente hacia el Norte a medida que se producía el progresivo ascenso de la sierra. En el caso del meridional, desarrollado en una plataforma de pendiente inferior, la evolución sería diferente, dando la impresión de que el ascenso se produjo más recientemente y de forma más brusca, articulándose mediante sistemas de fallas más evidentes. En el ámbito de la sierra, la red de drenaje ya habría esbozado 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.

La importante acumulación carbonatada de la plataforma de Los Haitises favorecería un notable desarrollo kárstico, con las consiguientes "irregularidades" en el comportamiento hídrico. En un momento impreciso, probablemente cercano al límite Pleistoceno-Holoceno, una reactivación de la zona montañosa provocada por la actividad tectónica desencadenaría el desarrollo de extensos sistemas aluviales de baja pendiente que tapizarían la llanura meridional y que configurarían la superficie de la que arrancaría la incisión actual. Otro tanto puede decirse de papel desempeñado por los sistemas de abanicos de la cuenca de los ríos Payabo y Cevicos, en este caso como nivel de partida de la incisión en la cuenca del río Yuna.

A partir de este momento, sin olvidar que la región ha permanecido tectónicamente activa, la evolución del relieve ha estado presidida por el comportamiento de la red de drenaje, con fuertes encajamientos en la zona montañosa, pero muy moderados en la llanura por su pequeño desnivel con respecto al mar. En aquélla, el encajamiento ha sido simultáneo con la argilización de los materiales volcánicos y sedimentarios, la arenización de los cuerpos

intrusivos, el retroceso de las vertientes con desarrollo de coluvionamientos y de movimientos en masa, así como con cambios de orientación de la red por adaptación a fracturas y contrastes litológicos.

Como resultado del proceso de encajamiento se ha producido una notable erosión remontante desde las dos vertientes, que han desbordado la divisoria original de la sierra, de forma más acusada en el caso de la cuenca meridional, que ha llegado a capturar numerosos cauces superficiales del borde meridional de la región de Los Haitises. Dentro de la planicie, la incisión ha sido moderada, dando lugar a una red de tipo consecuente suavemente encajada que ha dado lugar a un pobre sistema de terrazas en el caso de los ríos Ozama y La Savita.

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 31).

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.

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 Sabana Grande. Las condiciones climáticas son intermedias entre las registradas en Cotui (Figura 32) y las de Monte Plata (Figura 33). La pluviometría media anual es de 1745 mm/año en Cotui y 1890 mm/año en Monte Plata, con máximos de precipitación de Mayo a Septiembre. La temperatura media alcanza los 30°C de día, y los 20°C en la noche, con variaciones medias mensuales comprendidas entre los 24°C y 28°C.

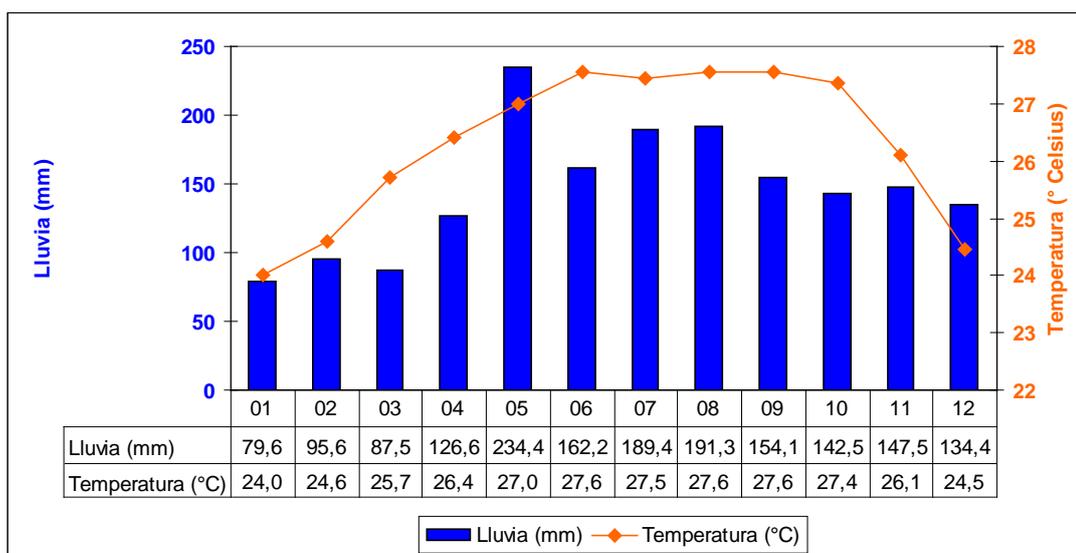


Figura 32 : Variaciones mensuales de la pluviometría y de las temperaturas en Cotui. Estadísticas establecidas a partir de los datos recogidos entre 1938 y 1980. (de <http://www.theweathernetwork.com>).

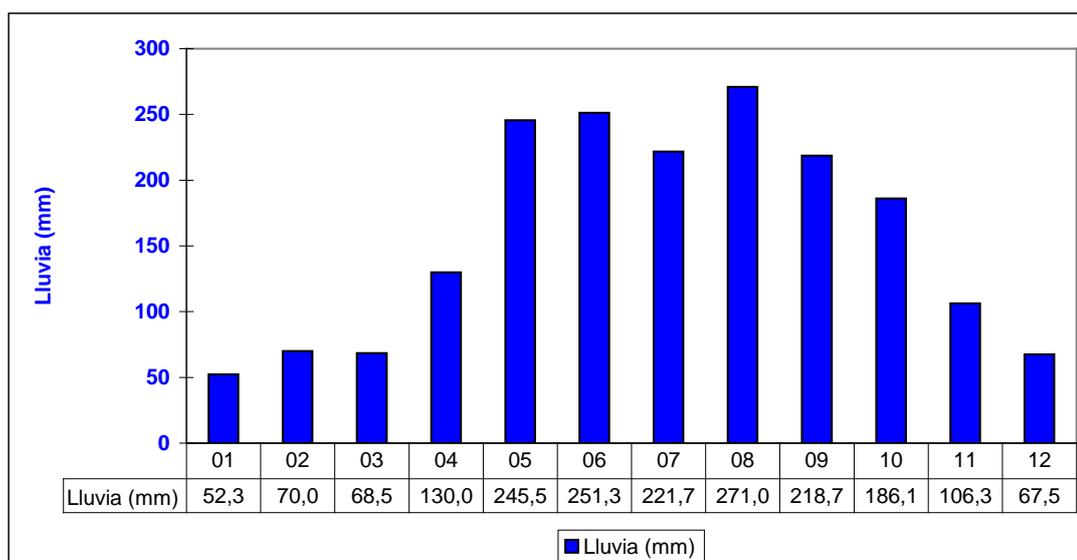


Figura 33 : Variaciones mensuales de la pluviometría en Monte Plata. Estadísticas establecidas a partir de los datos recogidos entre 1951 y 1978. (de <http://www.theweathernetwork.com>).

7.1.2 Red hidrográfica

El territorio de la Hoja Sabana Grande está atravesada de Oeste a Este por una línea divisoria de aguas, con altitud variable entre los 200 y los 300 m que culmina en la Loma Jengibre (482 m).

Hacia el Norte los ríos Cevicos, Payabo y Ara convergen para encontrarse con el río Yuna, en el extremo oriental de la llanura del Cibao (Vega Real). En el Sur, el trazado contorneado por los ríos resalta la presencia de numerosos bloques resistentes a la erosión, movidos principalmente por el juego de accidentes cizallantes. De Oeste a Este, la región es drenada por los ríos Ozama, Milo, La Savita, Arazao y Boyá, que desaguan en dirección sur, en la zona de unión entre la Cordillera Central y la Llanura Costera del Caribe.

Todos estos ríos presentan un régimen torrencial, con variaciones fuertes y brutales de caudal en función de las precipitaciones. El único dato cifrado del que se dispone concierne al río Payabo. Los registros efectuados en la estación hidrométrica de Abadesa I, situada en la unión de la Hoja Sabana y Cevicos, indican un caudal medio de 3,25 m³/s.

7.1.3 Principales puntos de abastecimiento

Localidad	Nº	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD 27		Tipo	Profundidad (en pies)
		Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)		
Sabana Grande	1	18,89273	-69,77125	418 771	2 089 010	Estación de bombeo	
Sabana Grande	2	18,89403	-69,75893	420 069	2 089 148	Estación de bombeo	
Sabana Grande	3	18,93039	-69,78647	417 186	2 093 184	Estación de tratamiento	
Sabana Grande	4	18,92910	-69,79008	416 806	2 093 043	Estación de tratamiento	
Boya	5	18,85113	-69,76827	419 065	2 084 406	Estación de bombeo	
Acerradero	6	18,97771	-69,77695	418 212	2 098 416	Estación de bombeo	
Triple San Pedro	7	18,91100	-69,92711	402 365	2 091 111	Estación de bombeo	
Triple San Pedro	8	18,91002	-69,92875	402 192	2 091 003	Estación de bombeo	
Triple San Pedro	9	18,91150	-69,93115	401 940	2 091 169	Estación de tratamiento	
El Dean	10	18,85297	-69,88285	406 995	2 084 666	Estación de bombeo	
Batey Santa Rosa	11	18,95940	-69,88462	406 867	2 096 443	Manantial	
Batey Los Guineos	12	18,98092	-69,91362	403 826	2 098 840	Manantial	
Batey Jabonico	13	18,93100	-69,95100	399 861	2 093 337	Manantial	
Batey Arenoso	14	18,93578	-69,97645	397 184	2 093 880	Manantial	
Sabana de Payabo	15	18,89022	-69,92969	402 082	2 088 812	Manantial	
Frias	16	18,85954	-69,96212	398 647	2 085 436	Manantial	
Boya	17	18,84763	-69,77294	418 571	2 084 020	Malacate	45
Boya	18	18,84804	-69,76968	418 915	2 084 064	Malacate	45
Cruz Morilla	19	18,86429	-69,75746	420 210	2 085 857	Malacate	60
Cruz Morilla	20	18,86585	-69,75623	420 340	2 086 029	Malacate	45
Cruz Morilla	21	18,86801	-69,75820	420 134	2 086 269	Malacate	90
LasTaranas	22	18,96014	-69,77249	418 673	2 096 470	Malacate	80
Batey Cojobal	23	18,95971	-69,82599	413 040	2 096 447	Malacate	49
Batey La Grúa	24	18,96596	-69,87232	408 165	2 097 162	Malacate	?
Batey Santa Rosa	25	18,96604	-69,88537	406 792	2 097 178	Malacate	80
Dulce Mata de Agua	26	18,99375	-69,95596	399 376	2 100 283	Malacate	18
Cruce de Toné	27	18,85288	-69,75752	420 199	2 084 595	Sondeo	?
Cruz Morilla	28	18,86440	-69,75675	420 284	2 085 869	Sondeo	?
LasTaranas	29	18,96290	-69,76615	419 342	2 096 772	Sondeo	350
El Bosque	30	18,83871	-69,90251	404 915	2 083 098	Sondeo	160

Tabla 3 : Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de Sabana Grande de Boyá. Los números permiten su correlación con la Figura 34.

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

características principales de estos puntos de agua se reseñan en la Tabla 3. Su localización se precisa en la Figura 34.

Para cada punto se menciona :

- su denominación más corriente ;
- sus coordenadas, en latitud y longitud, también en UTM, siguiendo el sistema de la Hoja topográfica regular escala 1/50 000 ;
- su tipo, haciendo distinción de si se trata de una estación de bombeo, de sondeo, de una bomba manual (malacate), de un pozo o de un medio natural ;
- su profundidad cuando se trata de un sondeo, de una bomba manual o de un pozo.

La información concerniente a este último punto fue obtenida de la población local, que, muy frecuentemente, tiene en memoria las características de los puntos de abastecimiento que tiene la costumbre de utilizar cotidianamente.

El suministro de agua potable de Sabana Grande está garantizada por una presa en el río Arazao. La antigüedad y la limitada capacidad de esta estación de bombeo, así como de la estación de tratamiento asociada, han conducido a INAPA a proveer un nuevo lugar de bombeo en el río Boyá, y una nueva estación de purificación con capacidad de almacenamiento para 3800 m³/día .

En el NE de la Hoja, los bateyes Juan Sánchez y Enriquillo, se suministran de agua potable a partir del bombeo de Acerradero, implantado sobre un río subterráneo con importante caudal, en el seno de las calizas de Los Haitises. La gran mayoría de los pueblos y bateyes situados en la parte oeste de la Hoja (Arenoso, Frías, Sabana de Payabo, etc.) se suministran de pequeños recursos captados en el sustrato granítico o volcánico. Por último, el pueblo de El Dean, en el Centro-Sur de la Hoja, se aprovisiona de agua a partir del río La Savita, a través de una pequeña estación de bombeo y purificación por cloro.

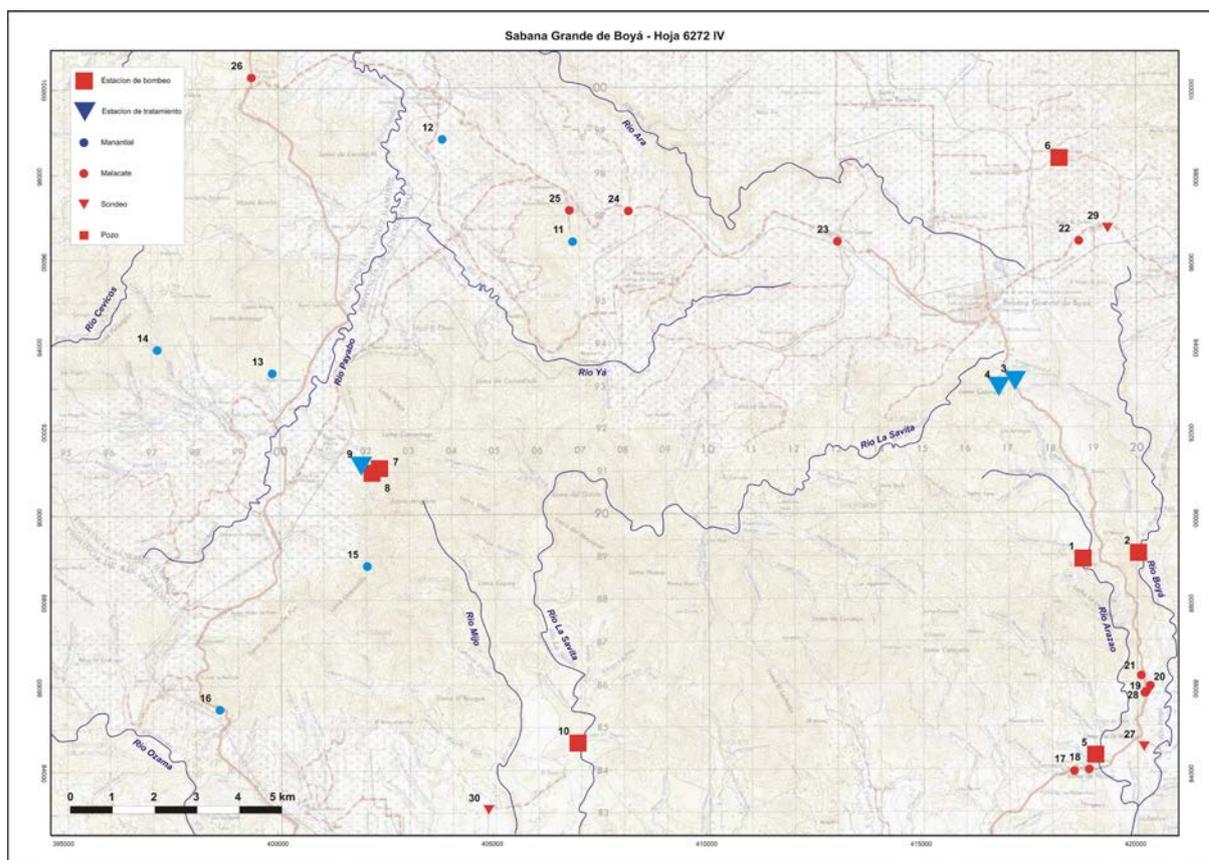


Figura 34 : Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de Sabana Grande de Boyá. Los números permiten su correlación con la Tabla 3.

7.1.4 Naturaleza e interés de los principales acuíferos

El siguiente texto viene como complemento del esquema hidrogeológico a escala de 1/200 000, presentado sobre la Hoja geológica de Sabana Grande de Boyá.

Los intrusivos tonalíticos que afloran en el ángulo NO de la Hoja y en la periferia sur de Sabana no tienen realmente un interés hidrogeológico sino sólo cuando están lo suficientemente fracturados como para constituir un acuífero discontinuo de tipo medio fisural.

Es de notar, sin embargo, las posibilidades que representan las arenas graníticas de superficie, originadas por la alteración meteórica de las rocas intrusivas. Constituyen un acuífero muy poroso, de buena permeabilidad, buen filtrante, por el cual circula el agua siguiendo la línea de mayor pendiente.

La Fm Los Ranchos está formada por lavas, de facies brechoides o tobáceas bien cementadas, y de epiclastitas finas. Estos terrenos, casi impermeables, no son aptos para constituir un acuífero. Tienen interés sólo cuando la fracturación es bastante importante para conferir una cierta porosidad sobre la roca. En estas condiciones, y localmente, la Fm Los Ranchos puede constituir un acuífero discontinuo de tipo medio fisural.

La Fm Las Guayabas, del Cretácico Superior, tiene predominancia de areniscas finas y de arcillas, con escasos lentejones carbonatados y no presenta ninguna cualidad para constituir un acuífero.

Los conglomerados de la Fm Don Juan pueden ser un buen acuífero, pero su extensión es muy limitada en la escala de esta Hoja para que pueda presentar un interés real.

Las arcillas y las margas de la base de Los Haitises (Fm Yanigua del Plio-Pleistoceno) forman una pantalla impermeable. Por el contrario, el mejor acuífero es el compuesto por las calizas margosas y las calizas masivas del techo de Los Haitises (Fm Cevicos). Afloran ampliamente en el ángulo NE de la Hoja y encierran, sin duda alguna, uno de los recursos de agua más importantes de la región. El río subterráneo de Acerradero, captado a nivel de bombeo, es el mejor ejemplo.

Los recubrimientos cuaternarios afloran profusamente. Están compuestos por limos arcillosos sobre los cuales se sobreimpone una alteración arcillo-laterítica. Por naturaleza, no presentan un interés hidrológico real.

Por el contrario, los aluviones recientes que cubren con amplitud el fondo de cierto valles son aptos para filtrar y almacenar el agua de los ríos que por ellos circulan.

7.2 RECURSOS MINERALES

7.2.1 Yacimientos e indicios minerales

Los indicios metálicos observados en el territorio de la Hoja Sabana Grande de Boyá están confinados a su ángulo SO (Tabla 4). Se trata de diseminaciones piriticas muy oxidadas, asociadas a las intrusiones rio-dacíticas, o a las piroclastitas del miembro intermedio ácida de la Fm Los Ranchos.

Localidad	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD 27		Sustancia	Edad - Formacion	Litologia
	Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)			
Frias	18,86075	-69,96229	398 583	2 085 500	Pyr, (Au)	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Piroclasticas
Loma de Payabo	18,87788	-69,97323	397 442	2 087 402	Pyr, (Au)	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Piroclasticas acidas
Loma de Payabo	18,87575	-69,97471	397 285	2 087 167	Pyr, (Au)	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Piroclasticas acidas
Loma de Hoyo de Pun	18,87514	-69,94710	400 239	2 087 154	Pyr, (Au)	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Piroclasticas acidas
Loma de Hoyo de Pun	18,87252	-69,94531	400 426	2 086 863	Pyr, (Au)	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Piroclasticas acidas

Tabla 4 : Características de los indicios vistos en la Hoja de Sabana Grande de Boyá.

La naturaleza de la facies portadora y la presencia de una silificación asociada a las diseminaciones piriticas indican una mineralización de tipo epitermal, contemporánea al emplazamiento de las volcanitas ácidas y muy favorable a la existencia de metales preciosos, oro y plata.

El interés económico de estos indicios está por demostrar. Durante los trabajos de campo se comprobó que diferentes compañías mineras realizando geoquímica de arroyos, suelo y rocas, en la proximidad de estos indicios .

De forma más general se puede considerar el conjunto de la Fm Los Ranchos como un terreno altamente potencial para la exploración, con una indicación particular por los niveles de volcanitas ácidas. En su seno, aproximadamente 25 km más hacia el Oeste y en un contexto geológico similar, se encuentra el distrito minero de Pueblo Viejo, que, como se sabe, es un yacimiento epitermal de alta sulfuración de Au-Ag , uno de los más importantes del mundo, con un peso metal superior a las 800 t para el oro y las 4000 t para la plata.

7.2.2 Canteras de materiales

La Tabla 5 agrupa los datos relativos a las diferentes canteras, activas, intermitentes o abandonadas, puestos de manifiesto durante los trabajos de campo. Su localización se precisa en la Figura 35.

Localidad	Nº	Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM - NAD 27		Sustancia	Estatuto	Imp.	Edad - Formación	Litología
		Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)					
La Pangola	1	18,91023	-69,96347	398 490	2 090 976	Aridos de machaqueos	Activa	2	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos / Intrusivo	Tonalita y Tobas
Sabana Grande	2	18,94141	-69,78098	417 769	2 094 401	Aridos de machaqueos	Activa	2	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Volcano-clásticas acidas
Sabana Grande	3	18,94148	-69,77765	418 121	2 094 407	Aridos de machaqueos	Activa	2	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Volcano-clásticas acidas
Sabana Grande	4	18,94005	-69,77673	418 217	2 094 249	Aridos de machaqueos	Activa	2	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Dacitas y volcano-clásticas acidas
Sabana Grande	5	18,94007	-69,77674	418 216	2 094 250	Aridos de machaqueos	Activa	2	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos / Intrusivo	Tonalita y volcano-clásticas acidas
Boya	6	18,85129	-69,78709	417 036	2 084 363	Aridos de machaqueos	Activa	1	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Volcano-clásticas acidas y basaltos
Frias	7	18,86075	-69,96229	398 583	2 085 500	Aridos de machaqueos	Intermitente	1	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Piroclásticas
Frias	8	18,86091	-69,96360	398 446	2 085 519	Aridos de machaqueos	Intermitente	1	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Piroclásticas
Los Mapolos	9	18,92072	-69,98741	395 975	2 092 151	Aridos de machaqueos	Intermitente	1	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Dacitas y volcano-clásticas acidas
San Pedro	10	18,94525	-69,91363	403 805	2 094 893	Aridos de machaqueos	Intermitente	1	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Piroclásticas
Arenoso	11	18,92704	-69,96864	398 001	2 092 909	Aridos de machaqueos	Intermitente	1	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos / Intrusivo	Tonalita y Tobas
Hoyo de Pun	12	18,87584	-69,96629	398 217	2 087 242	Arcilla	Intermitente	1	Cuaternario	Arcillas
Boya	13	18,84624	-69,79877	417 088	2 083 804	Aridos de machaqueos	Inactiva	0	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Andesitas y brechas piroclásticas
Mina de Boya	14	18,84750	-69,77423	418 389	2 083 937	Aridos de machaqueos	Inactiva	0	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Dacitas y volcano-clásticas acidas
El Dean	15	18,85025	-69,89065	406 125	2 084 300	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Conglomerados y areniscas
Frias	16	18,85504	-69,96012	398 809	2 084 888	Aridos de machaqueos	Inactiva	0	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Calizas masivas
Jabonico	17	18,93034	-69,95704	399 178	2 093 199	Aridos de machaqueos	Inactiva	0	Tonalita	Arenas
Mina de Boya	18	18,85136	-69,78190	417 629	2 084 437	Aridos de machaqueos	Inactiva	0	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Andesitas y brechas piroclásticas

Tabla 5 : Características de las canteras de la Hoja de Sabana Grande de Boyá. Los números permiten su correlación con la Figura 35.

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.

En su gran mayoría, las canteras tienen por objetivo la explotación de materiales rocosos, para el relleno y el mantenimiento de las carreteras. Las más activas están localizadas en la periferia de las aglomeraciones principales: Sabana Grande, Boyá y Frías. Actualmente la renovación de la carretera que une a Don Juan con Cevicos ha conllevado a la apertura de numerosos lugares de extracción de materiales de la proximidad inmediata al eje de la carretera. La cantera de La Pangola explota las volcanoclásticas silificadas, afectadas por un ligero metamorfismo de contacto, ligado con la intrusión tonalítica de Cevicos.

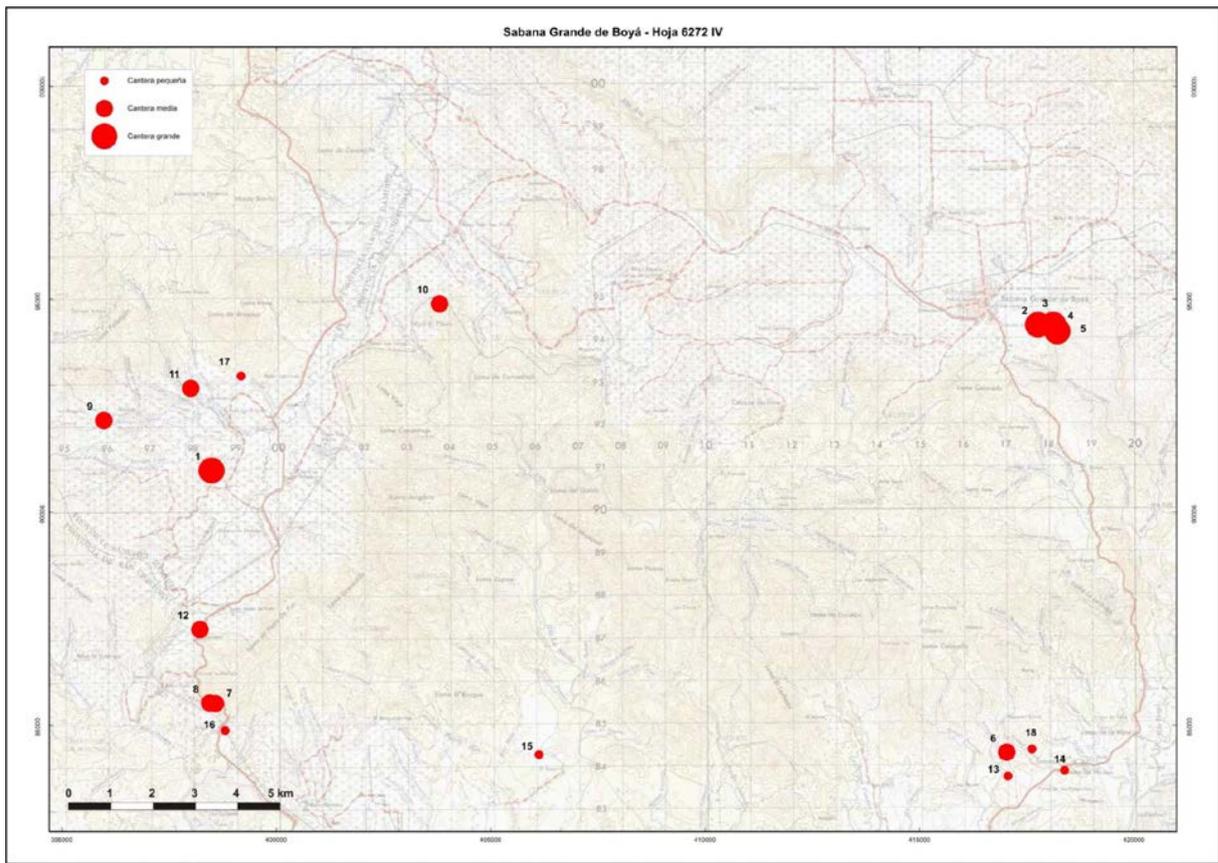


Figura 35 : Localización y importancia de los principales canteras de la Hoja de Sabana Grande de Boyá. Los números permiten su correlación con la Tabla 5.

Es de notar la explotación intermitente de limos arcillo-arenosos del Cuaternario, en Hoyo de Pun, para la confección local de ladrillos. Se hace mención a la existencia de dacitas caolinizadas de la cantera de Los Mapolos donde puede aparecer nuevamente, el interés por la explotación del caolín y de los feldespatos sódicos como materia prima para la cerámica.

8 LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO

8.1 L.I.G. N° 1 : FACIES VOLCÁNICA DEL MIEMBRO INFERIOR DE LA FM LOS RANCHOS (CRETÁCICO INFERIOR)

8.1.1 Croquis de situación

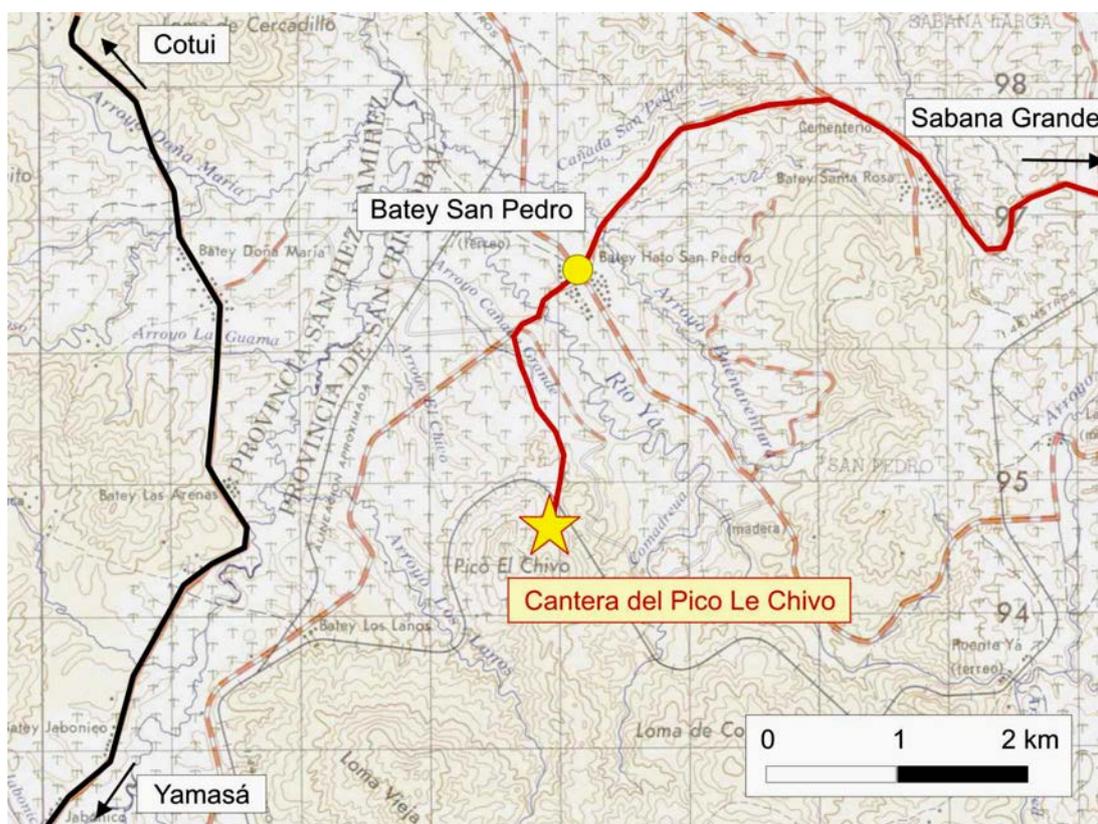


Figura 36 : Croquis de situación del LIG 1 : cantera del Pico El Chivo.

8.1.2 Contenido - Motivación

Cerca del Batey Hato San Pedro, la **cantera del Pico El Chivo** explota tobas piroclásticas andesíticas de cristales y lapillis, localizadas en la base de la Fm Los Ranchos. La roca a sufrido un ligero metamorfismo, ligado a la intusión tonalítica del batolito de Cevicos donde se puede observar un afloramiento muy cerca de la entrada de la cantera.

8.1.3 Acceso

La cantera del Pico El Chivo está situada a menos de 2 km al Sur del Batey San Pedro, que está situado cerca del cruce de la carretera nacional 11 Yamasá – Cotui con la unión transversal Cevicos – Sabana Grande de Boyá. La cantera es visible desde la aldea de San Pedro. Se accede por un camino que recorre y luego atraviesa la antigua vía férrea, antes del puente sobre el río Ya.

8.1.4 Observaciones y comentarios

A 300 m de la entrada de la cantera, un pequeño montículo a la derecha corresponde a un afloramiento de tonalita granuda, característica del batolito de Cevicos. La roca tiene color gris claro, con cristales de cuarzo de sección cuadrada de varios milímetros de lado. Además de cuarzo, el estudio microscópico mostró la presencia de plagioclasa automorfa y de anfíbol, alterado a actinolita, clorita y epidota.

En la cantera, las piroclastitas están estratificadas con buzamiento cercano a los 30° en dirección sur. La roca fresca es dura, con pátina negra y fractura con esquirlas, debido a un ligero metamorfismo térmico ligado a la tonalita subyacente. La alteración meteórica pone en relieve la estructura interna de la roca: alternancias pluricentimétricas de lechos granoclasificados de color verdusco. Los lapillis son de tamaño milimétrico, y están constituidos por fragmentos angulosos de andesita de textura variada (porfídico, microlítico). Están asociados con pequeños clastos de plagioclasas y más raramente de anfíbol. Todo está cementado por una matriz de microlitos de anfíboles, de plagioclasa y productos ferrotitaníferos.

8.1.5 Reseña bibliográfica

Nada

8.1.6 Fotos



Foto 2 : Afl. JM-9287, LIG 1. Vista general de la cantera del Pico El Chivo.



Foto 3 : Afl. JM-9287, LIG 1. Toba piroclástica argilizada por la alteración meteórica que subraya las granclasificaciones internas en la facies.



Foto 4 : Afl. JM-9287, LIG 1. Detalle que muestra la sucesión de microgranoclasificaciones positivas.

8.2 L.I.G. N° 2 : PROTUSIÓN DACÍTICA Y PRODUCTOS PIROCLÁSTICOS ÁCIDOS DEL MB INTERMEDIO DE LA FM LOS RANCHOS (CRETÁCICO INFERIOR)

8.2.1 Croquis de situación

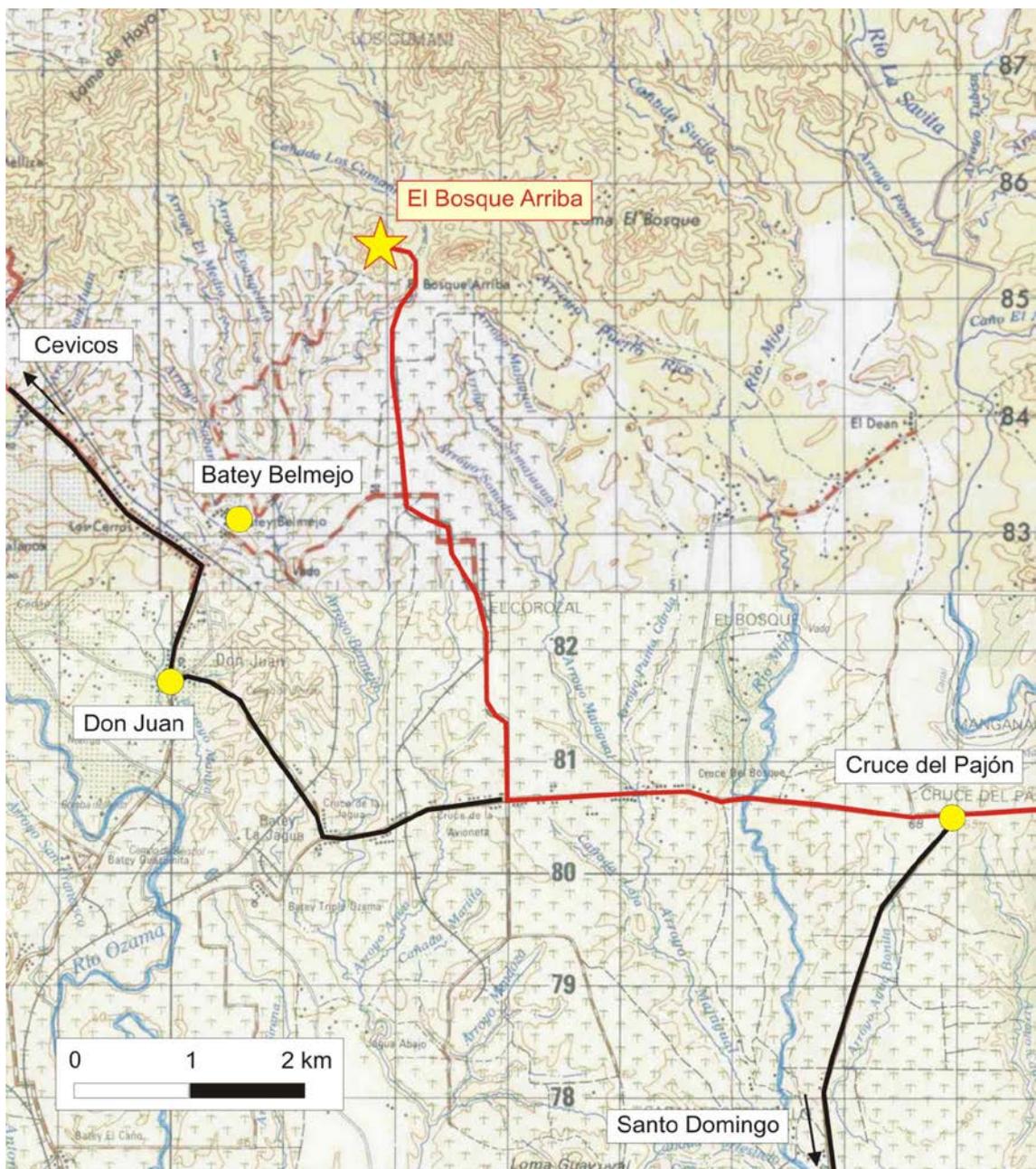


Figura 37 : Croquis de situación del LIG 2 : El Bosque Arriba.

8.2.2 Contenido - Motivación

Al NE del pueblo de Don Juan, las colinas de **El Bosque Arriba** corresponden a domos intrusivos de dacita, con aureolas de productos piroclásticos ácidos. Las facies son muy características, hasta argilizadas por la alteración meteórica reciente. Están localmente silicificadas y piritizadas, y actualmente se investigan para la búsqueda de metales preciosos.

8.2.3 Acceso

Desde Monte Plata, tomar la carretera en dirección de Santo Domingo. En el Cruce del Pajón, aproximadamente a 11 km de Monte Plata, seguir derecho por la carretera nacional 11 en dirección de Don Juan y Cevicos. Dejar sucesivamente a la derecha, la carretera en dirección de El Dean y luego la de El Bosque. A 4 km del Cruce del Pajón, tomar a la derecha un camino N-S en dirección del Batey Belmejo. Este camino está trazado en las antiguas plantaciones de piña de Dole Dominicana. Sigue el trazo de una vieja vía férrea. Continuar hasta su fin, al pie de las colinas de Bosque Arriba, a 5 km aproximadamente del empalme con la carretera nacional 11. Continuar a pie en dirección NO, hasta alcanzar los antiguos barracones de la Dole Dominicana.

8.2.4 Observaciones y comentarios

El camino que sube en dirección de las viejas edificaciones de la Dole Dominicana está trazado en las volcanitas ácidas arcillosas. A pesar de la alteración arcillosa, se ve perfectamente el trazo de disyunción prismática que delimita polígonos de 0,6 a 1 m diámetro. Los prismas se deben a la aparición de una red más o menos regular de fisuras de refracción, resultantes de la contracción de la lava en el curso de su enfriamiento. En la cumbre, son visibles varios bloques y cantos de lava ácida de color blanco. Se trata de una lava autobrechoide, constituida por fragmentos de dacita porfídica de cuarzo y plagioclasa sericitizada, en una matriz de igual composición, rica en cuarzo riolítico y en sericita.

A menos de 2 km hacia el NO, en la ladera de la Loma Hoyo de Pun, facies equivalentes están fuertemente silicificadas y piritizadas. El análisis de un bloque de superficie no ha revelado la existencia de metales preciosos, pero, ha indicado un fuerte contenido en

mercurio (1625 ppb), que confirma el carácter epitermal de las mineralizaciones asociadas a estas facies.

8.2.5 Reseña bibliográfica

Nada

8.2.6 Fotos



Foto 5 : Afl. JM-9230, LIG 2. Bellas figuras de disyunción prismática a nivel de un cuerpo de dacita.



Foto 6 : Afl. JM-9230, LIG 2. Afloramiento de dacita autobrechoide, rica en cuarzo y sericita.

8.3 L.I.G. N° 3 : MUESTRAS COMPUESTAS DE DIFERENTES FACIES DE LA FM LOS RANCHOS (CRETÁCICO INFERIOR)

8.3.1 Croquis de situación

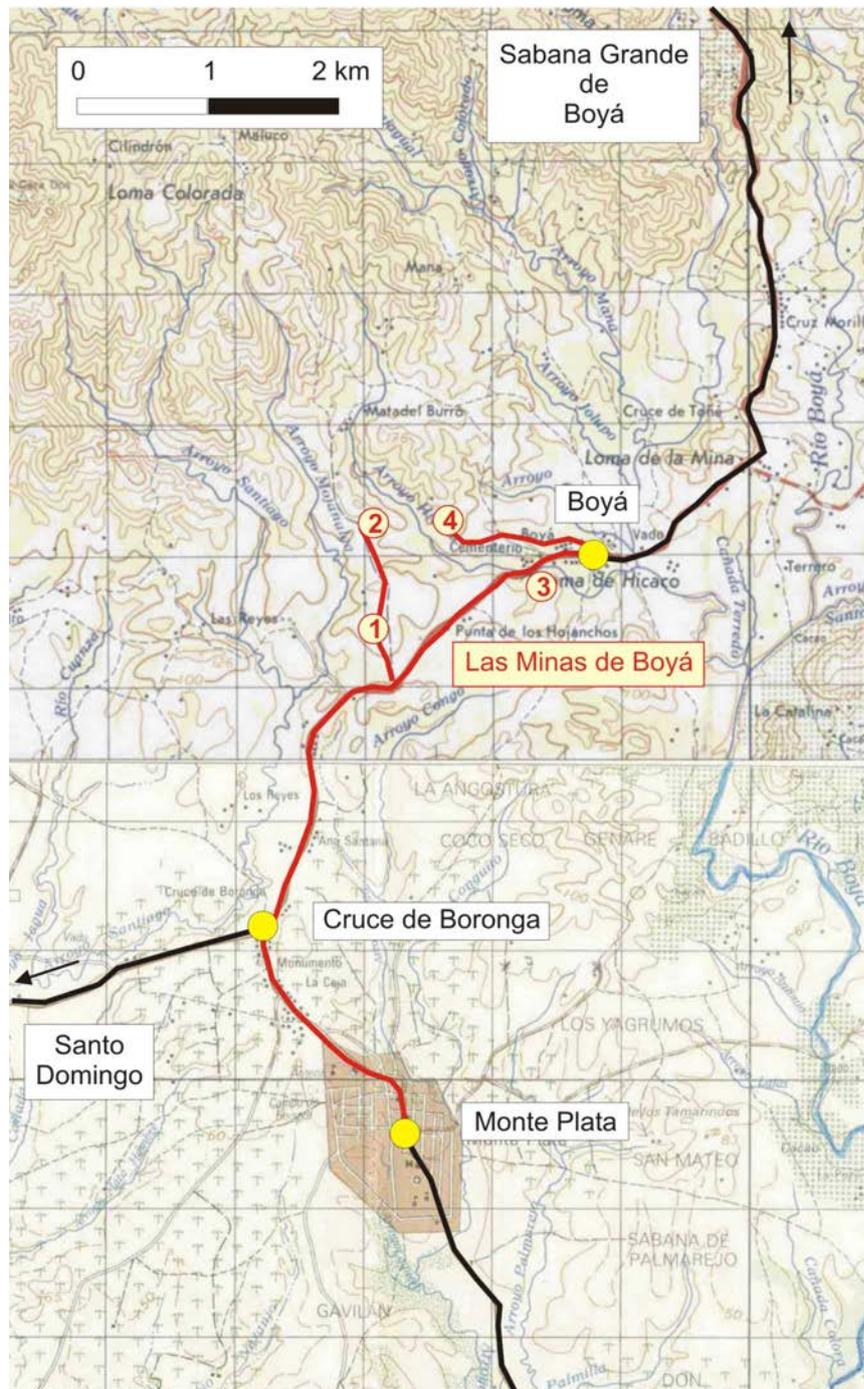


Figura 38 : Croquis de situación del LIG 3 : las minas de Boyá.

8.3.2 Contenido - Motivación

Alrededor del pueblo de **Boyá**, varias pequeñas canteras permiten ver diferentes facies características de Fm Los Ranchos : basalto vesiculado, andesita porfídica, dacita porfídica, brecha y toba piroclástica ácidas, con cristales y lapillis. Cada una de estas pequeñas explotaciones ilustra, a merced de la posición de los frentes de talla, la riqueza y la gran variación petrográfica de esta formación volcano-sedimentaria.

8.3.3 Acceso

De Monte Plata, tomar la carretera en dirección de Sabana Grande de Boyá. Aproximadamente a 2,5 km del Cruce de Boronga, en la salida norte de Monte Plata, tomar un camino hacia la izquierda. Este camino conduce a los puntos 1 y 2 del croquis de situación, cada uno corresponde a una pequeña cantera intermitente. Una antigua cantera está también visible a la derecha, en la entrada del pueblo de Boyá (punto 3), del otro lado del arroyo Hicaco. Por fin, de la plaza central de Boyá, tomar a la derecha para acceder al punto 4, antigua cantera, trasformada en basurero.

A título turístico, disfrutar de la ocasión para visitar la pequeña iglesia de Boyá, de estilo colonial, sin duda una de las más antiguas y mejor conservadas de toda la República Dominicana.

8.3.4 Observaciones y comentarios

La cantera principal de Boyá (punto1) corresponde al término medio, ácido, de la Fm Los Ranchos. Descansa en disarmonía tectónica (contacto cizallante paralelo a la estratificación) en los basaltos con vesículas de clorita, en lentejones y almohadillas decimétricas :

- en su base, es un conjunto homogéneo y monótono de 20 a 30 m de espesor, de brecha piroclástica poligénica con elementos centimétricos englobando, en una matriz cloritizada muy deleznable ;
- hacia el techo continúa unos 15-20 m, con un horizonte particular, de lentejones y bandas de piroclásticas de composición dacítica ;

- con un espesor de 20 m aparece una brecha piroclástica ácida constituida por fragmentos y lapillis de roca volcánica de composición variada (dacita, andesita) y por cristales de cuarzo y de plagioclasa, bien cementados por una matriz micro a criptocristalina ;
- el conjunto está coronado por al menos 25 m de productos volcanoclásticos finos, de tono gris-verdoso pálido, de estructura laminada y granoclasificada, que se presenta en bancos de espesor centimétrico a decimétrico muy bien estratificados. La monotonía de esta facies se interrumpe por la presencia de un horizonte centimétrico silto-pelítico, marrón, con óxidos de manganeso.

En la cantera del punto 2, están esencialmente visibles las andesitas porfídicas y las brechas piroclásticas con fragmentos de andesita. La alteración es importante, con una amplia diseminación de epidota y toda una redcilla de venillas de carbonatos.

La antigua cantera del punto 3 está implantada en un “posible” centro de emisión fósil (neck) de lava ácida. La facies es una lava porfídica con matriz rosa-violáceo. En lámina delgada, la presencia de finos elementos de lava y de clastos de cuarzo y de plagioclasa le acercarán al tipo “ignimbrita dacítica”.

El punto 4 permite visualizar una andesita porfídica de color gris claro. Ciertas figuras evocan la existencia de una lava auto-brechoide, incluso de posibles estructuras tipo “pillow”.

8.3.5 Reseña bibliográfica

Nada

8.3.6 Fotos



Foto 7 : Afl. JM-9022, LIG 3. Lentejones amigdaloides de basalto en matriz esquistosada verde. Aspecto de "pillow" en matriz muy cloritizada, deformada (punto 1).



Foto 8 : Afl. JM-9022, LIG 3. Brecha piroclástica poligénica, con matriz cloritizada (punto 1).



Foto 9 : Afl. JM-9022, LIG 3. Lentejones de toba piroclástica dacítica, en un conjunto suelto cloritizado (punto 1).



Foto 10 : Afl. JM-9021, LIG 3. Bloque de andesita porfídica con textura masiva (punto 2).



Foto 11 : Afl. JM-9598, LIG 3. Andesita porfídica auto-brechoide. La textura evoca igualmente posibles “pillow” (punto 4).

8.4 L.I.G. N° 4 : FACIES DETRÍTICAS DE LA BASE DE LOS HAITISES (FM YANIGUA) Y SU CUBIERTA DE MARGO-CALIZAS ARRECIFALES (FM CEVICOS)

8.4.1 Croquis de situación

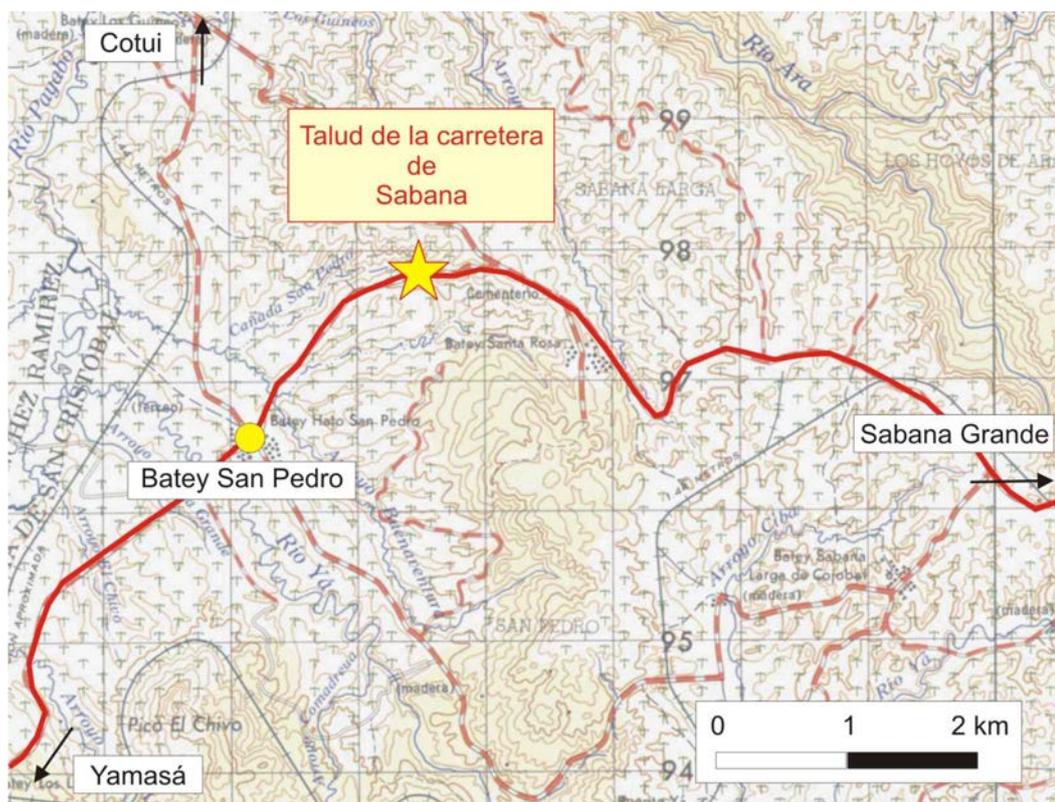


Figura 39 : Croquis de situación del LIG 4 : talud de la carretera de San Pedro--Sabana.

8.4.2 Contenido - Motivación

Al NE del Batey San Pedro, el nuevo trazado del camino en dirección de Sabana Grande de Boyá ha puesto de relieve un corte bastante completo y continuo de la base de Los Haitises : conglomerado poligénico y arcilla arenisco-siltosa terrigenas, caliza biodetrítica rica en fragmentos de políperos y fósiles diversos. Por otra parte, a todo lo largo de esta carretera, los taludes muestran los efectos de la kartstificación reciente que afecta el techo de la cubierta tabular de Los Haitises.

8.4.3 Acceso

El Batey San Pedro está localizado cerca del cruce de la carretera nacional 11 Yamasá – Cotui con la conexión transversal Cevicos – Sabana Grande de Boyá. Después de San Pedro, tomar la carretera en dirección de Sabana Grande de Boyá. A menos de 3 km de San Pedro, donde comienza a subir hacia la cubierta de Los Haitises, los taludes muestran bellos afloramientos que permiten observar las diferentes facies de la base de esta formación. Por otra parte, hasta Sabana, los taludes de esta carretera, presentan también afloramientos espectaculares e instructivos acerca de la naturaleza de las facies de Los Haitises y de los diferentes estados de alteración reciente que las afectan.

8.4.4 Observaciones y comentarios

El contacto basal está enmascarado por recubrimientos cuaternarios, pero de inmediato se encuentra un corte bastante completo de la Fm Yanigua, de muro al techo :

- aproximadamente 7 m, de arcillas arenosas grises, abigarradas, rojas en el techo ;
- 5 m, de un potente banco canaliforme de conglomerado heterométrico, con elementos poligénicos, mal cementados por una matriz arcillo arenosa ;
- tras algunos decímetros de arcilla rubefactada, un banco de alrededor de 5 m de caliza biodetrítica, rica en fragmentos y conchas bien preservadas de Políperos, erizos, gasterópodos y lamelibránquios ;
- el corte prosigue con cerca de 20 m de arcillas arenosas abigarradas, con rastros de raíces e intercalaciones de areniscas finas. Hacia el techo, se observa enriquecimiento progresivo de carbonato :
- un banco de caliza arcillosa, con bandeados centimétricos horizontales, culmina el corte y anuncia el paso a alternancias margo-calizas de la Fm Cevicos.

La naturaleza y la disposición de los depósitos corresponden a un entorno paleogeográfico de margen-litoral, bajo fuerte influencia continental.

Una vez en las margo-calizas de la Fm Cevicos, los taludes muestran los diferentes estados de alteración supergénica que afectaron, y aún afectan, esta cubierta carbonatada : estructura de disolución, bolsas kársticas, dolinas, rellenos de arcillas residuales y/o resedimentadas, etc. Todo un panel de figuras y estructuras que entusiasmarán a los aficionados de la morfología kárstica !

8.4.5 Reseña bibliográfica

Nada

8.4.6 Fotos



Foto 12 : Afl. NN-9119 - 9120, LIG 4. Banco canaliforme de conglomerado poligénico de la base de Los Haitises.



Foto 13 : Afl. NN-9119 - 9120, LIG 4. Fossil en forma de “cuchillo” plantado verticalmente en las arcillas carbonatadas de la base de Los Haitises.



Foto 14 : Afl. NN-9119 - 9120, LIG 4. Karstificación a nivel de un banco de caliza biodetrítica de Los Haitises y recubrimiento con arcillas de disolución resedimentadas.

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 géoquímiques des manifestations magnétiques 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., HERNALIZ 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.

ESCUDE R 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.

ESCUDE R 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 Caribeian 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 Barbuito 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. (2004) : Mapa geológico a 1:50 000 de Las Lisas (6472-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.

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.