



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

REPÚBLICA DOMINICANA

MAPA GEOLÓGICO

DE LA REPÚBLICA DOMINICANA

ESCALA 1:50 000

EL VALLE

(6372-IV)

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

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

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

- Ing. Jacques Monthel (BRGM)

COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Jacques Monthel (BRGM)

SEDIMENTOLOGÍA Y LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS

- Ing. Lluís Ardévol Oro (GEOPREP)

MICROPALEONTOLOGÍA y PETROGRAFÍA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

- Dr. Chantal Bourdillon (Eradata)

PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS

- Ing. Catherine Lerouge (BRGM)

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

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

GEOMORFOLOGÍA

- Ing. Alberto Díaz de Neira

MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS

- Ing. Jacques Monthel (BRGM)

TELEDETECCIÓN

- Ingra. Carmen Antón Pacheco (IGME)

INTERPRETACIÓN DE LA GEOFÍSICA AEROTRANSPORTADA

- Ing. Jose Luis García Lobón (IGME)

DATAACIONES ABSOLUTAS

- Dr. James K. Mortensen (Earth & Ocean Sciences, Universidad de British Columbia)
- Dr. Tom Ulrich (Earth & Ocean Sciences, Universidad de British Columbia)
- Dr. Richard Friedman (Earth & Ocean Sciences, Universidad de British Columbia)

DIRECTOR DEL PROYECTO

- Ing. Eusebio Lopera Caballero (IGME)

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE LA UNIÓN EUROPEA

- Ing. Francisco Javier Montes, Director de la Unidad Técnica de Gestión (AURENSA) del Programa SYSMIN

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

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

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DEL SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

- Ing. Juan José Rodríguez
- Ing. Santiago Muñoz
- Ing. María Calzadilla
- Ing. Jesús Rodríguez

Se quiere agradecer muy expresamente al Dr. Andrés Pérez-Estaún la estrecha colaboración mantenida con los autores del presente trabajo; sus ideas y sugerencias sin duda han contribuido notablemente a la mejora de calidad del mismo. 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 (CORMIDOM), 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 El Valle (6372-IV) está situada en el Centro Norte de la Cordillera Oriental Dominicana.

Es una región montañosa donde predominan los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos, del Cretácico Inferior. Están compuestos principalmente por lavas y productos volcanoclásticos gruesos de composición básica a intermedia. Se localizan algunos lentejones de composición ácida (dacita y riódacita) en el tercio superior de la formación. En el ángulo SE de la Hoja, la Fm Los Ranchos está cubierta por calizas arrecifales de la Fm Caliza de Hatillo, de edad Aptiano-Albiano que dibujan un sinclinal, cuyo núcleo está dislocado por numerosas fracturas cizallantes. El macizo tonalítico de El Valle ocupa una vasta depresión en cuyo centro se encuentra la aldea de El Valle. Su emplazamiento se atribuye al Cretácico Inferior (121 ± 5 Ma, 106 ± 5 Ma). Este plutón es intrusivo en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos y, en sus bordes, se produce un metamorfismo de contacto de extensión reducida. Los terrenos con edad Cretácico Superior de la Fm Las Guayabas no están bien representados y sólo son visibles en el límite este de la Hoja. La cobertura tabular de las margo-calizas de Los Haitises (Plio-Cuaternario) está, en sí misma, ampliamente expuesta y ocupa la mayor parte de la mitad oeste de la Hoja. Genera, además, una morfología kárstica particularmente característica. Los recubrimientos cuaternarios se localizan en las principales depresiones correspondiendo la de mayor importancia al batolito de El Valle. Están compuestos, fundamentalmente, por sedimentos arcillo-arenosos y sus suelos son favorables para el cultivo de cítricos.

La fracturación NO-SE influye notablemente el modelado de los relieves y el trazado de la red hidrográfica. En el cuarto NE de la Hoja, el río Yabón desaparece en un valle cuyo trazado coincide con el de un desgarramiento mayor, de extensión regional y de dirección N130°E, conocido con el nombre de "Falla del río Yabón".

Las calizas karstificadas de Los Haitises constituyen el mejor acuífero de la región, tanto en calidad como en cantidad. La presencia de lignito en las facies arcillo-arenosas de la base de Los Haitises es anecdótica. Contrariamente, en estas mismas facies, el ámbar constituye una riqueza natural cuya explotación artesanal está aún vigente. El descubrimiento de

indicios de mineralización epitermal en las volcanitas ácidas de la Fm Los Ranchos debería ser motivo de interés para la búsqueda de cobre y metales preciosos en esta región.

ABSTRACT

The El Valle Sheet (6372-IV) is located in the central-northern part of the Dominican Republic's Eastern Cordillera.

This is a mountainous region dominated by volcanic rocks of the Early Cretaceous Los Ranchos Formation, mainly lavas and coarse volcanoclastic rocks of basic to intermediate composition. A few lenses of acid composition (dacite and rhyodacite) are found in the upper third of the formation. Their alignment follows the general structure of the formation, which trends E-W in the southern part of the map area, but bends round to N-S along the Río Yabon. In the southeastern corner of the map area, the Los Ranchos Formation is covered by reefal limestones of the Caliza de Hatillo Formation, dated as Aptian-Albian. These describe a flared syncline whose core is broken up by numerous shear fractures. The tonalitic El Valle massif, whose emplacement is assigned to the Early Cretaceous (121 ± 5 Ma, 106 ± 5 Ma), occupies the bottom of a huge depression centred on the village of El Valle. This pluton intrudes the volcanic rocks of the Los Ranchos Formation, generating a narrow contact metamorphism along the edges. The Late Cretaceous Las Guayabas Formation is very limited in outcrop and only crops out along the eastern edge of the map area. Finally, a tabular Haitises marly limestone cover, Pliocene-Quaternary in age, is very widely present and occupies most of the western half of the sheet. It gives rise here to a particularly characteristic karst geomorphology. The Quaternary cover is restricted to the main depressions, the largest of which is underlain by the El Valle batholith. The cover consists mainly of sandy-argillaceous sediments, and forms soils suitable for citrus-fruit farming.

The NW-SE fracturing very strongly affects the topography and the drainage system. In the northeastern corner of the map area, the Río Yabon flows into a valley whose course coincides with a major regional N130°E-trending strike-slip fault known as the 'Río Yabon Fault'.

The karstified Haitises limestones constitute the region's best aquifer, both in terms of quality and quantity. There are unconfirmed reports of lignite in the basal sandy-argillaceous Haitises facies. On the other hand, the amber in this same facies is a natural resource that is still being extracted on an artisanal basis. The discovery of traces of epithermal

mineralisation in the acid volcanic rocks of the Los Ranchos Formation should revive interest in this region's Cu and precious metal potential.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Situación geográfica	2
1.2	Contexto geológico regional	4
1.3	Antecedentes bibliográficos.....	6
1.4	Metodología	7
2	ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA.....	11
2.1	La Fm Los Ranchos - Cretácico Inferior	11
2.1.1	<u>Generalidades</u>	<u>11</u>
2.1.2	<u>La Fm Los Ranchos en la Hoja de El Valle.....</u>	<u>15</u>
2.2	La Fm Caliza de Hatillo – Aptiano-Albiano.....	23
2.2.1	<u>Generalidades</u>	<u>23</u>
2.2.2	<u>La Fm Hatillo en la Hoja de El Valle. Calizas masivas con rudistas (10). Aptiano-Albiano. K₁.....</u>	<u>25</u>
2.3	El Cretácico Superior	26
2.3.1	<u>Generalidades</u>	<u>26</u>
2.3.2	<u>La Fm Las Guayabas en la Hoja de El Valle.....</u>	<u>29</u>
2.4	El Plutonismo del Cretácico	31
2.4.1	<u>El macizo tonalítico de El Valle. Tonalitas y cuarzo-dioritas (1). Facies masocratos a melanocratos tipo gabro (2).....</u>	<u>31</u>
2.4.2	<u>Otros afloramientos de tonalita</u>	<u>32</u>
2.4.3	<u>Filones de aplita asociadas al batolito de El Valle.....</u>	<u>32</u>
2.5	Los Haitises – Plioceno-Pleistoceno.....	33

2.5.1	Generalidades	33
2.5.2	Los Haitises en la Hoja El Valle	35
2.6	Las Formaciones superficiales cuaternarias.....	41
2.6.1	Abanicos aluviales. Arenas y arenitas provenientes de la alteración de los granitoides de El Valle (16). Pleistoceno – Holoceno. Q ₁₋₃ – Q ₄	41
2.6.2	Abanicos aluviales. Arcillas lateríticas retrabajadas con niveles de cantos, gravas y areniscas (17). Pleistoceno – Holoceno. Q ₁₋₃ – Q ₄	42
2.6.3	Fondos de dolinas y poljes. Arcillas de descalcificación (18). Pleistoceno – Holoceno. Q ₁₋₃ – Q ₄	42
2.6.4	Niveles de arenas ferruginosas y costras ferruginosas (19). Pleistoceno - Holoceno. Q ₁₋₃ – Q ₄	43
2.6.5	Terrasas medias y bajas. Gravas, arenas y lutitas (20). Pleistoceno – Holoceno. Q ₁₋₃ – Q ₄	43
2.6.6	Áreas pantanosas. Lutitas (21). Pleistoceno – Holoceno. Q ₁₋₃ – Q ₄	44
2.6.7	Fondos de valle. Gravas, arenas y arcillas (22). Pleistoceno – Holoceno. Q ₁₋₃ – Q ₄	44
3	GEOQUÍMICA Y DATACIONES ABSOLUTAS	47
3.1	Introducción y técnicas analíticas geoquímicas	47
3.2	Estudio geoquímico de muestras de la Fm Los Ranchos	49
3.2.1	Tipo I: Toleitas de arco isla (IAT) pobres en Ti y LREE.....	55
3.2.2	Tipo II: Toleitas de arco isla (IAT) normales y pobres en Ti	55
3.2.3	Tipo III: Rocas félsicas.....	56
3.3	Estudio geoquímico de muestras del plutón de El Valle	58
3.4	Estudio geoquímico de muestras de tonalitas y cuarzo-dioritas.....	60
3.5	Estudio geoquímico de muestras de la Fm Las Guayabas	61
3.6	Dataciones absolutas.....	67

3.6.1	Descripción de las técnicas analíticas	67
3.6.2	Resultados y discusión	70
4	TECTÓNICA.....	77
4.1	Marco geodinámico	77
4.2	Estructura de la Cordillera Oriental.....	80
4.3	Características de las principales estructuras y unidades tectónicas de la Hoja “El Valle”	90
4.3.1	La “Falla del río Yabón”	92
4.3.2	La “Falla Norte-Yabón”	92
4.3.3	Los accidentes de dirección NNE-SSO.....	93
4.3.4	Las deformaciones en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos	93
4.3.5	La intrusión tonalítica de El Valle y las relaciones con su encajante	95
4.3.6	Las deformaciones en los terrenos sedimentarios del Cretácico (formaciones Hatillo y Las Guayabas).....	95
4.3.7	Las deformaciones en la cobertura plio-pleistoceno de los Haitises	96
4.3.8	Síntesis estructural de la Hoja El Valle	97
5	GEOMORFOLOGÍA.....	98
5.1	Análisis geomorfológico	98
5.1.1	Estudio morfoestructural	98
5.1.2	Estudio del modelado	99
5.2	Evolución e historia geomorfológica	105
6	HISTORIA GEOLÓGICA.....	108
7	GEOLOGÍA ECONÓMICA	112
7.1	Hidrogeología	112

7.1.1	Datos climáticos	112
7.1.2	Red hidrográfica	113
7.1.3	Principales puntos de abastecimiento.....	113
7.1.4	Naturaleza e interés de los principales acuíferos.....	115
7.2	Recursos minerales.....	116
7.2.1	Yacimientos e indicios minerales.....	116
7.2.2	Materiales para construcción	119
8	LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO	121
8.1	L.I.G. n° 1 : Volcanismo básico (coladas y productos piroclásticos) de la Fm Los Ranchos.....	121
8.1.1	Croquis de situación	121
8.1.2	Contenido - Motivación	121
8.1.3	Acceso.....	122
8.1.4	Observaciones y comentarios.....	122
8.1.5	Reseña bibliográfica	123
8.1.6	Fotos	123
8.2	L.I.G. n° 2 : Tonalita granuda del batolito intrusivo de El Valle	125
8.2.1	Croquis de situación	125
8.2.2	Contenido - Motivación	125
8.2.3	Acceso.....	126
8.2.4	Observaciones y comentarios.....	126
8.2.5	Reseña bibliográfica	127
8.2.6	Fotos	127
8.3	L.I.G. n° 3 : Facies detríticas finas, ámbar y lignito de la base de la Fm Yanigua (Los Haitises).....	129
8.3.1	Croquis de situación	129

8.3.2 Contenido - Motivación	129
8.3.3 Acceso.....	129
8.3.4 Observaciones y comentarios.....	130
8.3.5 Reseña bibliográfica	130
8.3.6 Fotos	131
9 BIBLIOGRAFÍA.....	134

FIGURAS

Figura 1 : Esquema fisiográfico de la Española y localización de la Hoja de El Valle.....	3
Figura 2 : Esquema geológico de la Española y localización de la Hoja de El Valle (mod. de Lewis J.F.y Draper G.-1990, in Escuder Viruete <i>et al</i> – 2002).....	3
Figura 3 : Principales puntos topográficos de la Hoja El Valle, localización de los accesos y afloramientos estudiados durante la cartografía.....	9
Figura 4 : Mapa geológico de la Cordillera Oriental Dominicana.....	10
Figura 5 : Corte estratigráfico sintético de las unidades estratigráficas y las facies del Cretáceo Superior de la Cordillera Oriental. Se ha realizado con la información de la cartografía y cortes geológicos seriados.....	27
Figura 6 : Log del sondeo de Yanigua (informe inédito de Michelson H., 1977). No se conoce la localización exacta del punto de sondeo.....	38
Figura 7 : 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).	50
Figura 8 : Diagramas binarios frente al MgO para las rocas de la Fm Los Ranchos.	51
Figura 9 : Diagramas binarios SiO ₂ versus TiO ₂ , (Zr/Sm) _N y (La/Yb) _N para las rocas de la Fm Los Ranchos.....	52
Figura 10 : 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.	54
Figura 11 : Diagramas triangular Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980) para las rocas de la Fm Los Ranchos.	57
Figura 12 : Diagramas multielementales y de REE extendidos para tonalitas del Plutón de El Valle (datos de Lebrón MC. y Perfit M.R., 1994).....	59
Figura 13 : 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.....	63

Figura 14 : 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.	64
Figura 15 : 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.	66
Figura 16 : Localización de los afloramientos muestreados para dataciones absolutas. Principales resultados. (Proyecto L-Este).	68
Figura 17 : Diagrama de concordia de la datación de la muestra JM-9304, realizada por el método U/Pb. (Hoja de Bayaguana - Proyecto-L-Este).	72
Figura 18 : Diagramas con las edades “plateau” y las isocronas realizadas por el método Ar/Ar de las muestras de granitoides (Proyecto L-Este).	75
Figura 19 : 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).	76
Figura 20 : 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).	77
Figura 21 : Principales elementos tectónicos del sistema de arco-isla circum-caribeño de edad Cretácico Superior – Eoceno. (Lewis J.F. <i>et al.</i> , 2002).	78
Figura 22 : 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)	78
Figura 23 : 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)	79
Figura 24 : 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.	81
Figura 25 : Mapa tectónico de la Cordillera Oriental Dominicana con los principales elementos estructurales.	82
Figura 26 : Campo magnético total reducido al polo, localización del Bloque L-Este y de las principales zonas de falla de la República Dominicana.	83
Figura 27 : Cortes geológicos seriados (I-I' a IV-IV') de la Cordillera Oriental Dominicana... ..	86
Figura 28 : Cortes geológicos seriados (V-V' a VIII-VIII') de la Cordillera Oriental Dominicana.	87
Figura 29 : Esquema estructural de la Hoja El Valle.	90
Figura 30 : Secciones geológicas de la Hoja de El Valle.	91
Figura 31 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de esquistosidad medidos en los terrenos de la Fm Las Guayabas del ángulo NE de la Hoja El Valle (17 medidas). Pueden repartirse en plano axial de un pliegue N165°E – vertical.	93
Figura 32 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de estratificación medidos en la Fm Los Ranchos a nivel de la Hoja El Valle (82 medidas). Se reparten globalmente siguiendo un gran círculo, que indica un eje N135°E – 40°SE.	94
Figura 33 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de estratificación medidos en las formaciones Hatillo y Las Guayabas, ángulo SE de la Hoja El Valle (32 medidas). Se reparten globalmente siguiendo un gran círculo que indica un eje N150°E – 18°SE.	96
Figura 34 : 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).	109
Figura 35 : Variaciones mensuales de la pluviometría y de las temperaturas en Sabana de la Mar. Estadísticas establecidas a partir de los datos recogidos entre 1951 y 1988. (de http://www.theweathernetwork.com).	112
Figura 36 : Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de El Valle. Los números permiten su correlación con la Tabla 3.	115
Figura 37 : Localización y importancia de los principales canteras de la Hoja de El Valle. Los números permiten su correlación con la Tabla 5.	120
Figura 38 : Croquis de situación del LIG 1, Arroyo Los Platanos.	121
Figura 39 : Croquis de situación del LIG 2, Piñita Arriba.	125
Figura 40 : Croquis de situación del LIG 3, Balneario de Yanigua.	129
Figura 41 : Esquema que ilustra la técnica de explotación del ámbar en la región de El Valle (Brouwer S.B. y Brouwer P.A., 1980). Este método rudimentario se practica aún actualmente, despreciando las más elementales reglas de seguridad	133
Figura 42 : Diferentes insectos atrapados y fosilizados en el ámbar (Baroni-Urbani C. y Saunders J.B., 1980).	133

TABLAS

Tabla 1 : Localización de los afloramientos citados en el texto.	45
Tabla 2 : Dataciones absolutas realizadas en el Proyecto L-Este.	71
Tabla 3 : Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de El Valle. Los números permiten su correlación con la Figura 36.	113
Tabla 4 : Características de los indicios vistos en la Hoja de El Valle.	117
Tabla 5 : Características de las canteras de la Hoja de El Valle. Los números permiten su correlación con la Figura 37.	119

FOTOS

Foto 1 : Afl. JM-9158. LIG 1. Colada de basalto con disyunción columnar.	123
Foto 2 : Afl. JM-9158. LIG 1. Detalle del techo de la colada. Notar el aspecto “encintado”, ligado a la presencia de vesículas milimétricas rellenas de carbonato blanco.	124
Foto 3 : Afl. JM-9160. LIG 1. Brecha piroclástica monogénica constituida por la acumulación de fragmentos escoriáceos de igual tamaño, cementados por una matriz de composición andesítica.	124
Foto 4 : Afl. JM-9070. LIG 2. Balo de tonalita granuda, gruesa, de color gris-claro, con enclaves centimétricos.	127
Foto 5 : Afl. JM-9172. LIG 2. Paleosuelo caolinífero-arcilloso, desarrollado sobre el macizo tonalítico de El Valle (cerca de Piñita Abajo).	128
Foto 6 : Afl. JM-9827. LIG 3. Balneario del río Yanigua. Las cascadas son provocadas por bancos de areniscas finas y de arcillas siltosas.	131
Foto 7 : Afl. JM-9827. LIG 3. Banco horizontal de arcilla siltosa negra, rica en lignito, rematando un nivel de arcilla gris.	132
Foto 8 : Afl. JM-9332. LIG 3. Bancos de areniscas gruesas con fragmentos líticos y tubulares de bioturbación con pirita-marcasita, que remata niveles de arcillas negras y de lignito laminado.	132

1 INTRODUCCIÓN

Debido al carácter incompleto y no sistemático del mapeo de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través del Servicio Geológico Nacional (SGN), se decidió a abordar a partir de finales de la década pasada, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea. En este contexto, el consorcio integrado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) e Informes y Proyectos S.A. (INYPSA), 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 El Valle (6372-IV) se sitúa en el sector centro norte de la Cordillera Oriental Dominicana (Figura 1). Es una región muy montañosa con altitudes comprendidas entre los 100 y los 500 m cuya altura culminante se localiza en la Loma El Cinco (485 m). El territorio está atravesado de Noroeste a Sureste por la línea divisora de aguas :

- al Norte la depresión de El Valle drenada por los ríos Yanigua y Sano, afluentes del río Yabón que desemboca hacia el Norte en la Bahía de Samaná ;
- al Sur, se encuentran los ríos Yabacao, Casuí, Higuamo y Guamira, que en su curso, desaguan en la Llanura Costera del Caribe.

Es una región agrícola donde predomina el cultivo de cítricos y de palma de aceite. Las plantaciones de cítricos colonizan los coluviones cuaternarios situados al pie de la meseta de los Haitises en el margen sur de la Hoja. Alrededor de El Valle, la vasta depresión sobre el substrato de granito está cultivada de palma africana.

Otro sector económico es el turismo ya que la región está en la ruta donde se encuentra el Parque Nacional de Los Haitises. La explotación artesanal del ámbar es anecdótica, pero de gran tradición, contando con algunos talleres de pulimento y venta en la población de El Valle.

Los asentamientos poblacionales están dispersos a lo largo de las carreteras a Hato Mayor, El Valle y Sabana de la Mar. La carretera 103 cruza en sentido Norte-Sur de la Hoja. Aparte de esta, no existe ninguna otra con fácil acceso a los sectores situados más al Oeste, o al Este de la Hoja. Hacia el Oeste, un camino da un acceso muy limitado a la meseta calcárea de los Haitises. Hacia el Noreste no hay camino de acceso al sector situado más allá del valle del río Yabón.

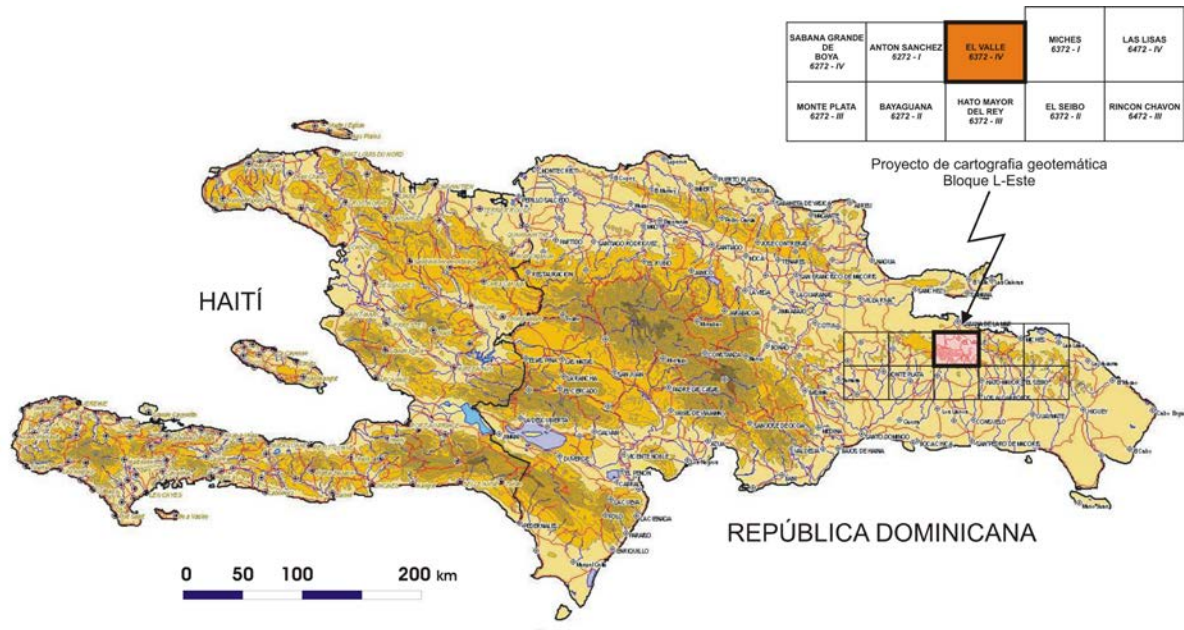


Figura 1 : Esquema fisiográfico de la Española y localización de la Hoja de El Valle.

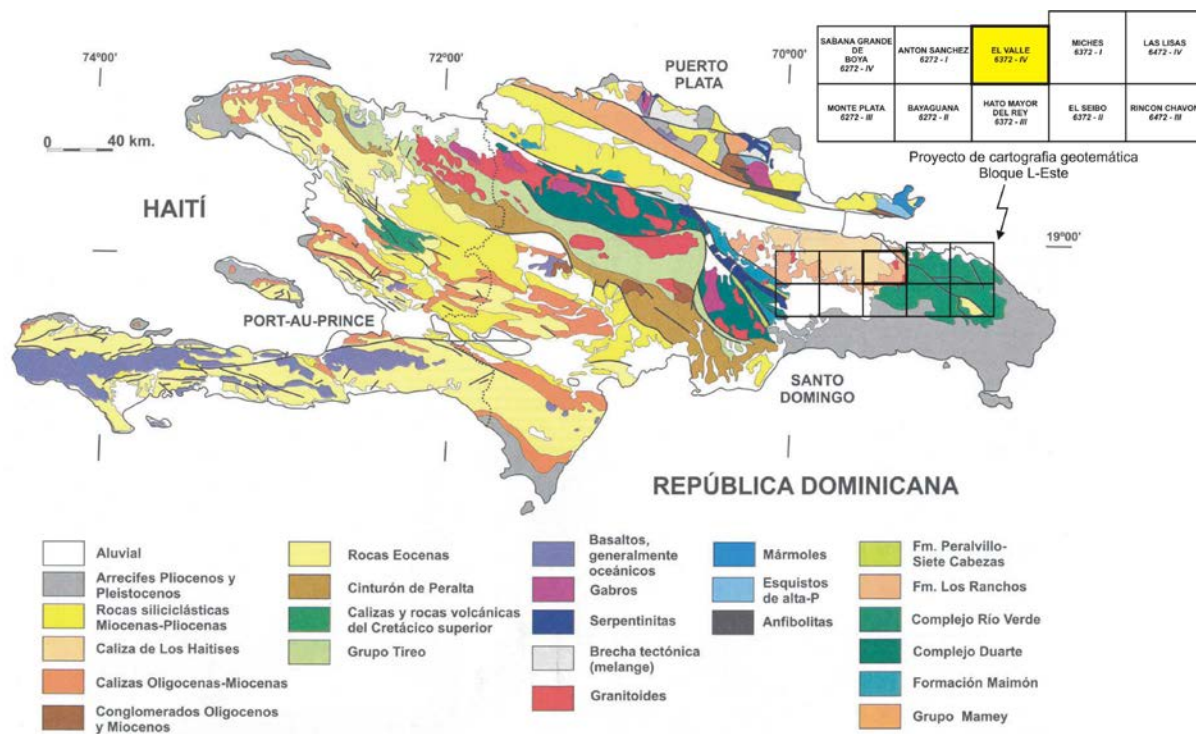


Figura 2 : Esquema geológico de la Española y localización de la Hoja de El Valle (mod. de Lewis J.F. y Draper G.-1990, in Escuder Viruete et al – 2002).

El clima es cálido y muy húmedo (tropical), con abundantes precipitaciones en la primavera y un corto período de estación seca en febrero-marzo. Las lluvias son frecuentes en la región de El Valle, debido a la proximidad del mar, y a los relieves alrededor de los cuales se forman fácilmente las nubes. Este clima es el responsable de una vegetación particularmente exuberante y de una importante alteración arcillosa del substrato rocoso. Los afloramientos son escasos y es, cuando se remonta el lecho de los ríos, que encontramos las mejores condiciones para observar las rocas.

1.2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

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

La Española, conjuntamente con Puerto Rico, constituye una unidad que puede interpretarse como una microplaca, limitada al Norte por una zona de subducción con desplazamiento oblicuo a subparalelo a su traza, y al Sur, por otra zona de subducción incipiente a la que se asocia la Fosa de los Muertos (Byrne D.B. *et al.*, 1985 ; Masson D.G. y Scanlon K.M., 1991). El margen norte de la Placa del Caribe ha evolucionado desde constituir un límite controlado por subducción en el Cretácico y parte del Eoceno, a ser hoy, tras la colisión de esta placa con la plataforma de las Bahamas (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 El Valle se sitúa a mitad de la Cordillera Oriental (Figura 2). Los terrenos volcánicos y volcáno-sedimentarios cretácicos de la Fm Los Ranchos afloran en las márgenes sur y este de la Hoja. Dan lugar a relieves de formas alomadas, muy sensibles a la alteración meteórica. En el ángulo SE de la Hoja, están cubiertos por las calizas arrecifales urgonienses de la Fm Calizas de Hatillo. En el centro norte, la depresión; groseramente circular se enraíza con el batolito tonalítico de El Valle. La cobertura tabular

de las margo-calizas de los Haitises ocupa la mitad oeste, en la que se genera una morfología kárstica particularmente característica.

La fractura NO-SE tiene una gran influencia en el modelado de los relieves y en el trazado de la red hidrográfica. En el cuarto NE de la Hoja, el río Yabón discurre un valle cuyo trazado coincide con una estructura mayor, de extensión regional, de dirección N130°E, conocida con el nombre de "Falla del río Yabón".

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 L. Bourdon (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).

En lo que concierne a la Hoja de El Valle, la búsqueda de lignito, así como la presencia y la explotación del ámbar fueron el origen de las primeras observaciones geológicas de la región. La evidencia del plutón tonalítico de El Valle se atribuye a la misión Sofremines (1978) cuyo objetivo prioritario estaba consagrado a la prospección del lignito. A finales de la década de los años 70 se realizaron otros reconocimientos geológicos en el marco de un proyecto de cooperación donde se asociaban el Servicio Geológico Nacional y la Organización de Estados Americanos (Proyecto SGN – OEA, Cordillera Oriental). Los principales resultados de estos diferentes trabajos se publicaron en ocasión de la 9ª Conferencia Geológica del Caribe celebrada en Santo Domingo en 1980 (Hernández J.B., 1980 ; Champetier Y. *et al* , 1980 ; Brouwer S.B. *et al* , 1980 ; Baroni-Urbani C. *et al* ,1980).

Fue L. Bourdon (1985) quien realizó, para su tesis, la primera hoja geológica a escala 1/100 000. La hoja de L. Bourdon, nacida de la interpretación de las fotos aéreas de la de El Valle, apoyó, con posterioridad, la hoja geológica a escala 1/250 000 publicada por BGR en 1991 (Toloczyki M. y Ramirez I., 1991), así como la hoja de síntesis a escala de 1/150 000 publicada por “The Geological Society of America”» en el marco del “Special Paper 262”, también en 1991 (Lebrón M.C. y Mann P.,1991).

1.4 METODOLOGÍA

Los trabajos comenzaron en 2002 con la fotointerpretación de las fotos aéreas y continuaron en la primavera 2003 con los trabajos de campo.

Todos los afloramientos, así como los accesos utilizados en vehículo, fueron georeferenciados sistemáticamente (GPS ; Figura 3). Los trabajos de gabinete se realizaron a medida que avanzaban la cartografía utilizando el soporte topográfico, a escala de 1/50 000.(Mapa Topográfico Nacional).

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 subaflorescentes ha sido de gran utilidad el Mapa Aeromagnético de la República 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 dificultades mayores se encontraron o hubieron en las pésimas condiciones del afloramiento debido al espeso recubrimiento vegetal y a la gran sensibilidad de las rocas a la alteración meteórica en clima tropical. El acceso a ciertos sectores fue otra desventaja; este fue el caso de los sectores de Arenita, Piedra Redonda y Loma El Mogote situados en el ángulo NE de la Hoja, al otro lado de la "Falla del río Yabón".

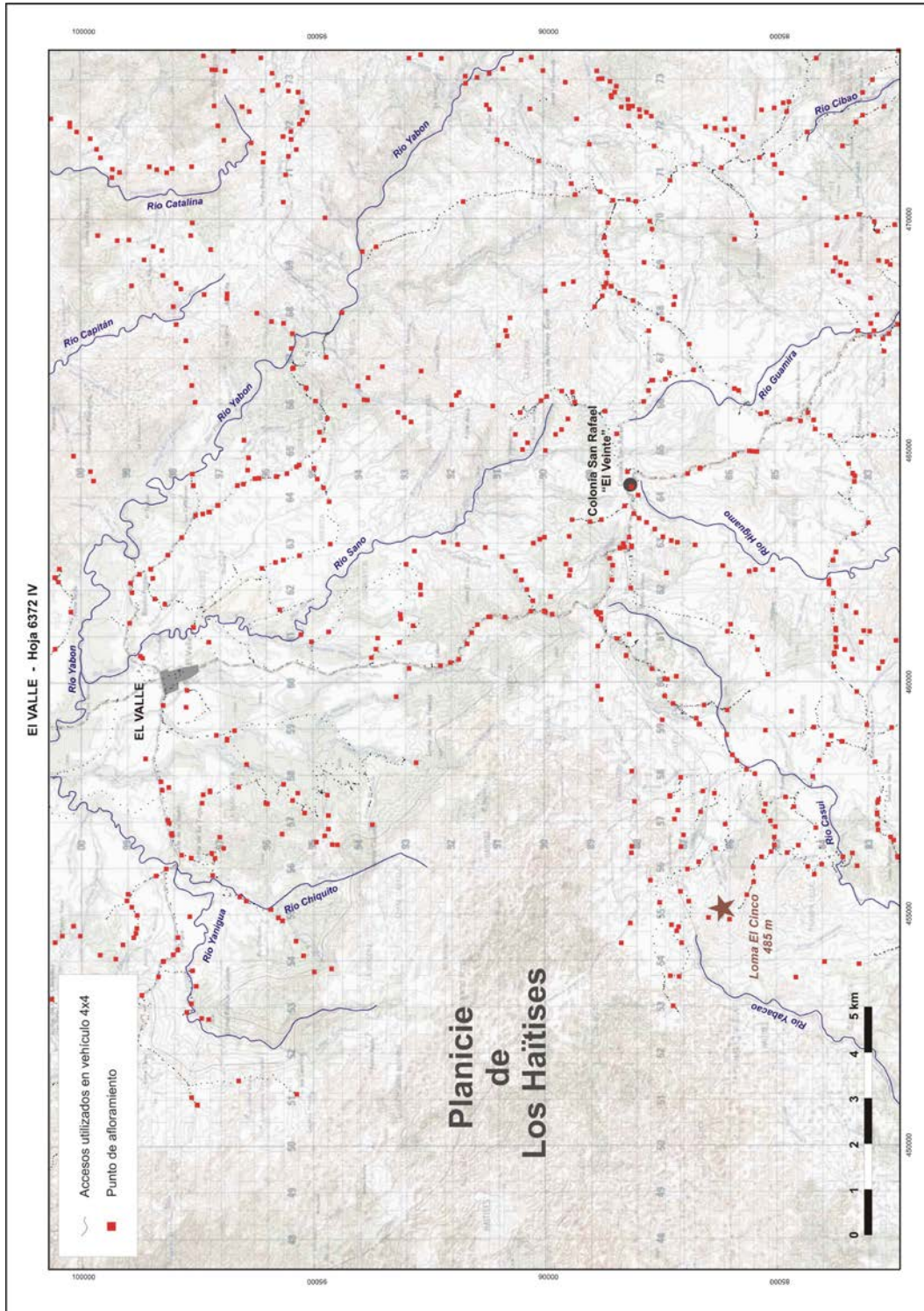


Figura 3 : Principales puntos topográficos de la Hoja El Valle, localización de los accesos y afloramientos estudiados durante la cartografía.

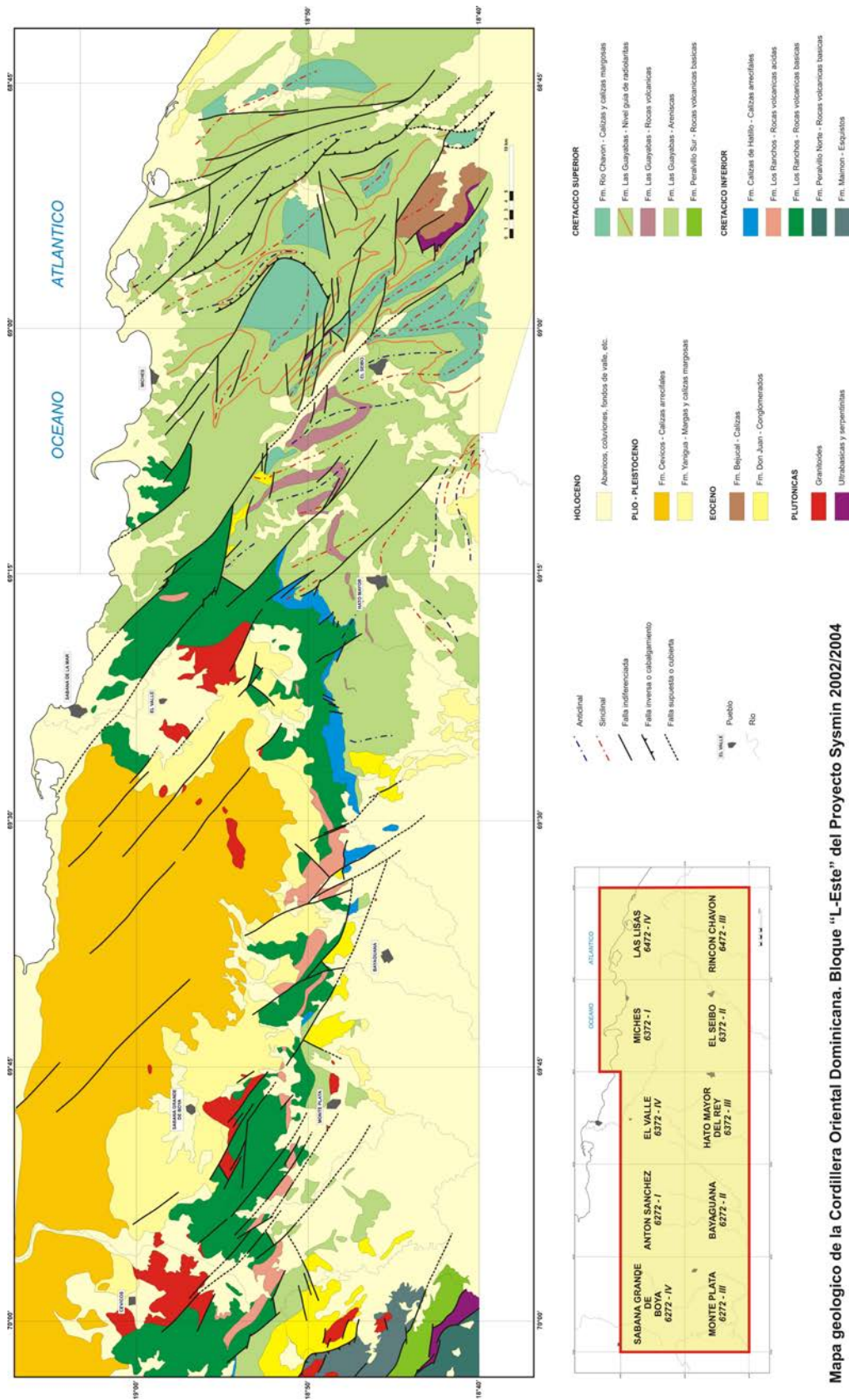


Figura 4 : Mapa geológico de la Cordillera Oriental Dominicana.

2 ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA

Los terrenos más antiguos que afloran en la Hoja El Valle (Figura 4) corresponden a la Fm Los Ranchos, atribuida al Cretácico Inferior. En el ángulo SE de la Hoja, estos terrenos están recubiertos por las calizas de la Fm Caliza de Hatillo, datados del Aptiano-Albiano. Los terrenos de edad Cretácico Superior de la Fm Las Guayabas están muy localizados y sólo son visibles en el límite este de la Hoja. La cobertura Plio-Cuaternaria de Los Haitises está ampliamente representada y ocupa lo esencial de la mitad oeste de la Hoja. Los recubrimientos cuaternarios están acantonados en las depresiones principales; la más importante es la de El Valle, ubicada en el centro de un importante batolito tonalítico muy sensible a la alteración meteórica.

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, 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

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.

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 epiclástitas, 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 epiclástitas 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 El Valle

La superficie cubierta por la Fm Los Ranchos es importante y representa cerca de la mitad del territorio de la Hoja El Valle.

Sin embargo, la alteración de las rocas a causa de las condiciones climáticas tropicales y la naturaleza discontinua de los afloramientos impiden ver las relaciones y la disposición de las diferentes facies que componen la formación. A escala de la Hoja, existe una amalgama de afloramientos, a menudo, de calidad mediocre e irregular y desigualmente repartidos que sigue los sectores.

Esto conduce a cartografiar la formación bajo el vocablo general de "indiferenciada", y a definir localmente los sectores en los que predominan algunas facies características, pero cuyos límites son con frecuencia arbitrarios e imprecisos.

En las 62 láminas delgadas realizadas y estudiadas en la Fm Los Ranchos :

- 22 corresponden a lavas de tipo basalto y/o andesita,
- 21 a brechas y/o tobas piroclásticas de composición básica a intermedia,
- 12 a lavas y productos piroclásticos ácidos,
- 4 a facies recristalizadas, metamorfozadas, al contacto con la intrusiva tonalítica,
- 2 a una facies particular de chert de sílice-hidróxidos de hierro,
- 1 a una epiclastita.

Esto da una idea acerca de la naturaleza de las principales facies de la Fm Los Ranchos, presentes en el territorio de la Hoja de El Valle.

Aunque los afloramientos hacen difícil una cartografía precisa por miembros, existe un cierto ordenamiento que vale la pena reseñar : lo esencial de los afloramientos de lavas básicas corresponde al Miembro inferior mencionado en el párrafo de introducción ; los términos

ácidos lenticulares parecen alinearse bien en un mismo nivel, equivalente del Miembro medio. Las andesitas porfídicas y ciertas brechas, por la facies y la posición abajo de las calizas de la Fm Hatillo; se pueden integrar en el Miembro superior de la Formación.

2.1.2.1 Fm Los Ranchos. Facies indiferenciadas. Coladas de lavas básicas e intermedias con niveles de rocas volcanoclásticas (3). Cretácico Inferior. K₁

Son rocas volcánicas y volcano-sedimentarias en las cuales predominan las facies de flujo de composición básica a intermedia (basalto y, en menor medida, andesita). En efecto, son escasos los afloramientos donde se puede distinguir una estratificación, en general, y más bien, características de las facies volcanoclásticas sedimentadas. Esto hace pensar que las facies de lavas, en coladas, domos, protusiones, etc., y los productos volcanoclásticos primarios (brechas y tobas piroclásticas provenientes de las proyecciones, nubes ardientes, colapsos, etc.) predominan sobre los productos volcanoclásticos secundarios (epiclastitas), donde la sedimentación genera bancos mejor individualizados, y hace bien visible la estratificación.

Generalmente las facies observadas y reagrupadas bajo el calificativo de “indiferenciadas” corresponden a lavas alteradas de color verde-marrón. El grano es de fino a medio, salpicado por cristales finos y restos marrón-herrumbroso cuando se trata de ferro magnesianos alterados, y beige-blancuzco cuando se trata, de feldespatos alterados. Estas lavas en su mayoría tienen composición básica, como lo prueban los productos de alteración supergénica de epidota-clorita, macroscópicamente siempre bien visibles debido a su color.

Entre las rocas no alteradas, se distinguió un cierto número de facies características, cuyo estudio fue completado mediante examen microscópico.

2.1.2.1.1 Basalto de textura microlítica vacuolar

El afloramiento tipo está situado en el río Guamira, muy cerca del pueblo de Buena Vista al SE de la Hoja, a lo largo de la carretera que va desde Hato Mayor hasta el pueblo de El Valle (afl. JM-9158).

Este afloramiento es una colada de potencia métrica, interestratificada en las facies de brecha piroclástica. El corte prismático es característico, en columnas de 15-20 cm de

diámetro. La colada presenta una estructura interna que tiene, en la parte superior, una muy nítida predominancia de vacuolas de tamaño milimétrico, nacidas de la desgasificación, tras su enfriamiento. En lámina delgada, la textura microlítica está bien marcada por listones de plagioclasa, de clinopiroxeno, de anfíbol y de productos ferrotitaníferos en una fase vítrea. Los ferromagnesianos presentan un principio de alteración con la asociación anfíbol/clorita secundaria. Las vesículas están rellenas de carbonatos, anfíbol/clorita, prehnita y cuarzo.

En estas facies generales, las variaciones principales salen de la proporción de la fase vítrea, de las vacuolas y de los elementos ferromagnesianos.

2.1.2.1.2 Lava básica hidrotermalizada con estructura en almohadilla ("*pillow-lavas*")

Los afloramientos de lavas básicas con estructura en almohadilla son bastante excepcionales. En efecto, a menudo es difícil distinguir en el terreno lo que depende en realidad de una estructura original de lo que es el resultado de la alteración meteórica.

Se atribuye a este tipo ciertos afloramientos de lava donde se constata una estructura en bolas, más o menos concéntricas, de 10 a 30 cm de diámetro. En el centro, la lava está bien cristalizada, generalmente con mayor tamaño, mientras que en los bordes la facies es mucho más fina. Esta estructuración está acentuada por superficies de enfriamiento que presentan una disposición concéntrica.

Un ejemplo es el afloramiento JM-9632. En lámina delgada, la lava presenta las características de un basalto con textura microlítica vacuolar. La alteración hidrotermal es importante y se caracteriza por la formación de carbonatos y de clorita/esmectita en reemplazo total de los ferromagnesianos de la mesostasia. Esto recuerda una alteración de tipo espilitica.

2.1.2.1.3 Volcanoclastitas finas

Estas se caracterizan por una organización estratificada y muestran alternancias plurimilimétricas a pluricentimétricas de lechos con granulometría variada. Esto crea un corte característico en losas y/o placas.

Los afloramientos "tipo" están situados a lo largo de la carretera que marca el límite sur de la Hoja, tras la travesía del río Higuamo (Afl. JM-9100). La roca se desmorona en plaquetas centimétricas. Están compuestos por grauvacas líticas de granulometría fina, con restos monocristalinos dominantes (cuarzo y feldespatos sericitizados) y por elementos líticos. El conjunto está cementado por una matriz silto-arcillosa muy fina, difícilmente identificable.

2.1.2.2 Fm Los Ranchos. Predominio de brechas volcánicas (4). Cretácico Superior.

K₁

Después de las lavas, las facies de brechas son las más frecuentes en la Hoja. Varios afloramientos se han individualizado y cartografiado bajo esta denominación.

Se trata de fragmentos de rocas, volcánicas en su mayoría, cementadas por materiales más finos. Sin embargo, existen varios tipos que difieren por su aspecto y origen de los que se dan algunos ejemplos.

2.1.2.2.1 Brechas piroclásticas monogénicas, cuyos elementos y la matriz son de igual naturaleza

En varias muestras tomadas en el cuarto SE de la Hoja (arroyo Los Plátanos, JM-9160 ; arroyo Bibiana, JM-9048 y JM-9050), se observan lavas con vesículas de composición basáltica y/o andesítica, englobando y contorneando fragmentos de lavas, de igual naturaleza y habito que la matriz. La alteración meteórica pone de relieve los elementos; tienen el tamaño de un puño, algunas veces soldados, y otras dispersos en la matriz ; son angulosos, pero su contorno está suavizado. Esta facies recuerda a la de lava autobrechoide; puede tratarse de un aglomerado de elementos volcánicos o de una brecha piroclástica de explosión cuyos elementos y matriz son contemporáneos y de igual naturaleza.

2.1.2.2.2 Brechas piroclásticas monogénicas, cuya matriz es de naturaleza diferente de la de los elementos

Esta facies caracteriza ciertos afloramientos situados alrededor del pueblo de Buena Vista (JM-9495, 9605, 9608 y 9614).

Los elementos están desunidos, son del tamaño de un puño y están redondeados. Corresponden a una andesita con vesículas, compuesta por escasos cristales de plagioclasa, de clinopiroxeno y de anfíbol, en una mesostasia microlítica oscura. Las vesículas son abundantes, de varios milímetros de diámetro, y están rellenas de carbonatos blancos, de cuarzo y de prehnita/pumpellita. La matriz es más clara que los elementos y está compuesta por una pasta microlítica fina, localmente fluidal, con fractura esquistosa que recuerda a una lava basáltica.

2.1.2.2.3 Brechas piroclásticas poligénicas, con elementos angulosos más o menos gruesos y matriz volcánica

Se trata de una facies frecuente. Los mejores afloramientos están localizados al NE de la Hoja en la región de Piedra Redonda (JM-9372, 9392 y 9393) y de la Loma La Vecina (JM-9238 y 9239), y en el ángulo SO, en la cumbre y en el flanco de la Loma El Cinco (JM-9427). Se presentan en general bajo la forma de gruesos bloques rodados, recogido en la toponimia local (Piedra Redonda). Es una roca masiva, sin trazo de estratificación ni de granoclasificación.

La granulometría es heterogénea, la roca se compone de bloques y fragmentos de talla muy variable, milimétrica a pluridecimétrica. Estos elementos son angulosos y no están soldados; son poligénicos y están compuestos por fragmentos de roca volcánica: lava porfídica, lava con textura microlítica vacuolar, brechas piroclásticas, etc. La presencia de clastos monominerales es frecuente: cristales de plagioclasas y/o de cuarzo. La matriz es de origen volcánico y se trata de un vidrio o de una lava afanítica y/o microlítica.

2.1.2.2.4 Brechas de elementos poligénicos muy suavizados, de tipo "conglomerado"

Esta facies es particular, con bloques rodados plurimétricos cerca del pueblo de Sabana de Barriolo (JM-9623). Se trata de una brecha cuyos elementos son de tamaño muy heterogéneo, centimétrico a pluridecimétrico, soldados y con contorno muy suavizado, incluso redondeado; están embebidos en una matriz poco abundante, de naturaleza cuarzo-feldespática. Los elementos son poligénicos, con una mayoría de bloques y fragmentos de lava básica con vesículas. Igualmente se observa la presencia de restos de roca grano-clasificada en lechos (posible litarenita sedimentaria) y de siltita.

Esta facies no corresponde a una brecha piroclástica, parece más bien una facies sedimentaria, cuyos materiales fueron modificados y tras depositados por procesos fluviales o marinos. Correspondería mejor a un “conglomerado poligénico”, testigo de una fase erosiva que habría precedido al depósito de las calizas de la Fm Hatillo. Facies similares están descritas y cartografiadas en la Hoja de Hato Mayor.

2.1.2.3 Fm Los Ranchos. Predominio de tobas y/o cineritas (5). Cretácico Superior.

K₁

Se han clasificado bajo este término los afloramientos que existen en la Loma El Mogote, en el ángulo NE de la Hoja. Esta unidad está constituida por tobas piroclásticas soldadas a lapilli, de color gris-verdusco a gris-marrón, masivas y no muestran variación de facies en este pequeño sector. La estratificación es discreta pero visible y subrayada por sucesiones de grano clasificaciones de espesor decimétrico.

En lámina delgada, (muestra JM-9389), la facies contiene fragmentos líticos muy angulosos, de talla centimétrica, y cristales, principalmente de plagioclasa, raramente de cuarzo. Los lapilli corresponden a una lava porfídica de composición andesítica, con fenocristales de plagioclasa y escasos fantasmas de ferromagnesianos alterados. La matriz es microcristalina, cuarzo-feldespática, con una alteración hidrotermal de epidota y clorita. La composición mineralógica es la de una toba andesito-dacítica, de cuarzo escaso y/o plagioclasa abundante.

En el mismo sector se han observado localmente fragmentos angulosos centimétricos de pirita criptocristalina no alterada y laminillas de cuarzo blanco, en la matriz tobácea.

2.1.2.4 Fm Los Ranchos. Predominio de andesitas (6). Cretácico Superior. K₁

Las facies con mayoría andesítica dibujan una unidad que se extiende hacia el SE de la Hoja, desde el pie de la loma La Jagua, y se prolonga hacia el N-NE en dirección de la Loma Larga y de la finca El Jobo.

Pertenecen a un episodio extrusivo de lava homogénea, localizado en la parte superior de la Fm Los Ranchos, y similar a los conocidos en el techo de las volcánicas ácidas en el territorio de la Hoja de Bayaguana.

La facies-tipo es una andesita de color gris claro, con disyunción prismática, columnar.

La textura es variable según los puntos de observación, microlítica (JM-9024, 9053 y 9056), microlítica con tendencia porfídica (JM-9172) dolerítica con tendencia porfídica (JM-9377) o francamente porfídica (JM-9636). La composición mineralógica es muy clásica: cristales y/o fenocristales de plagioclasa y de clinopiroxeno y mesostasia compuesta por micro-listones de plagioclasa, de clinopiroxeno y de opacos, englobados por una fase vítrea. El afloramiento JM-9636 es particular debido al tamaño centimétrico de los fenocristales de clinopiroxeno y de plagioclasa que lo componen. La roca merece el calificativo de "porfido andesítico de clinopiroxeno", y presenta muchas similitudes con el "Pan de Azúcar" situado en la Hoja Bayaguana.

Las facies porfídicas son sensibles a la alteración supergénica. Esto provoca una arcillización de los fenocristales de plagioclasa, que genera una arena suelta que puede compararse a la desarrollada en los granitoides.

2.1.2.5 Fm Los Ranchos. Rioltitas y/o riolacitas con niveles de volcanoclásticas ácidas (7). Cretácico Superior. K₁

Las facies volcánicas y volcanoclásticas ácidas se organizan en varios lentejones de tamaño y extensión variables, pero que a escala de la Hoja se alinean y se localizan en el tercio superior de la Fm Los Ranchos. Se unen pues, con la estructura general de esta formación, que orientada Este-Oeste en el Sur de la Hoja, se inclina para tomar dirección norte-sur más allá del río Yabón.

Los principales lentejones de volcanitas ácidas están localizados :

- en la parte sur de la Hoja, al Sur de arroyo Cucharones,
- en el centro-este, en la Loma de Mamey Gordo, en contacto con la tonalita,
- en la parte noreste, en el sector de Piedra Redonda y de río Catalina donde cubren una superficie de 2-3 km².

Se caracterizan por la asociación de rocas cuarzo-feldespáticas de tinte claro, gris-beige a rosado, de aspecto satinado por la presencia de sericita. Las facies tipos corresponden a :

- dacitas y/o riocitas (muestras JM-9069, 9408 y 9459) con textura porfídica, y presencia de fenocristales milimétricos de cuarzo globular y de plagioclasa, en una mesostasia de microlitos de plagioclasa, de cuarzo, de anfíbol y de productos ferrotitaníferos. El fondo vítrico claro, tiene figuras de desvitrificación (esferulitas) y un principio de alteración a sericita ;
- productos piroclásticos, brechas y tobas que, en el afloramiento, se caracterizan por un aspecto escoriáceo. Están compuestos por fragmentos y lapilli de lava porfídica ácida, de cristales, de clastos y de esquirlas de cuarzo riolítico, en una matriz afanítica a microlítica de composición ácida (muestras JM-9154, 9734, 9622, 9382, etc.).

2.1.2.6 Fm Los Ranchos. Niveles de chert rojo (8). Cretácico Superior. K₁

Los puntos de observación están situados en la parte NE de la Hoja, cerca de Las Felipinas (JM-9202, 9209) y de la finca La Vecina (JM-9240).

Los afloramientos son puntuales, de extensión decamétrica. Los cherts, o jaspes hematíticos, se presentan bajo la forma de bloques plurimétricos muy angulosos, en formas de ruinas. El color rojo-sangre es característico; proviene de una impregnación de hidróxidos de hierro en la roca, en granos y microvenillas. Es una roca dura, brechoide y con una multitud de venillas de cuarzo blanco tardío. El examen microscópico no revela nada de particular, la roca parece enteramente recristalizada en forma de cuarzo microcristalino y de opacos.

No se sabe si se trata de una facies lenticular interestratificada, o de filones más tardíos, intruidos en las volcanitas de la Fm Los Ranchos. Dos de los principales afloramientos están situados próximos al contacto con la intrusiva tonalítica, lo que favorece una facies hidrotermal particular, ligado a la intrusión de los granitoides en el seno de las volcanitas de Los Ranchos.

2.1.2.7 Fm Los Ranchos. Rocas volcánicas y volcanoclásticas metamorfizadas de bajo grado (9). Cretácico Superior. K₁

En el ángulo noroeste de la Hoja, alrededor de la Loma de los Cacaillos, los afloramientos de la Fm Los Ranchos presentan un habito particular por el hecho de la proximidad del intrusivo tonalítico subyacente.

En afloramiento, la roca es dura, con micro granos de tinte oscuro. Es magnética, en razón de cristales milimétricos de magnetita. Parece más bien un microgabro, pero, en ciertos casos, la presencia de vesículas testimonia su origen volcánico.

En lámina delgada (JM-9329, 9337, 9338 y 9354), la roca está enteramente recrystalizada. La textura es de micro granos, constituida por pequeños listones de plagioclasa, de anfíbol y de cuarzo intersticial. La plagioclasa está albitizada. El anfíbol es secundario, dispuesto en haces fibrosos de tipo actinolita; resultado de la alteración hidrotermal de los ferromagnesianos primarios. Se nota igualmente la presencia de clorita, de epidota y de una microfilita marrón de tipo biotita, de nueva formación en detrimento de las plagioclasas. En cuanto a la textura "microlítica vacuolar" está preservada (JM-9337), las vesículas están rellenas de cuarzo y de haces de epidota y de actinolita.

Se trata de una facies particular de contacto, proveniente de la asimilación de las volcanitas básicas por el intrusivo tonalítico. Una facies similar se observó localmente en el limite oriental del macizo tonalítico al Norte de Las Tres Bocas (JM-9210)

2.2 LA FM CALIZA DE HATILLO – APTIANO-ALBIANO

2.2.1 Generalidades

La localidad tipo para la defcorrelación de la formación es el pueblo de Hatillo (Bowin C., 1966), situado en el extremo Oeste de la Cordillera Oriental (UTM, X: 04645; Y: 20790). La base de la formación es una superficie de disconformidad que superpone calizas o delgados horizontes de brechas sobre rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Formación Los Ranchos. El techo es un contacto discordante entre calizas y areniscas de granos volcánicos pertenecientes a la Formación Las Guayabas.

La Formación Hatillo aflora entre los pueblos de Bayaguana y Hato Mayor como una franja estrecha de 40 km de largo con buzamiento hacia el Sur (Figura 4). Debido a su inclinación tectónica, la Caliza de Hatillo termina hacia el Norte erosionada y hacia el Sur se sumerge a varios kilómetros de profundidad, sin que existan datos de su continuidad en el subsuelo. No obstante, es previsible que existan variaciones de espesor significativas de Norte a Sur como las observadas en sentido Este-Oeste a lo largo de la Cordillera. En el mapa de Hato Mayor se estima un espesor de 400-500 metros al Oeste del pueblo de La Clara, alrededor de 100 m en el centro-norte de la cartografía entre La Clara y Los Cacaos, escasos metros en el río Guamira y unos 150 m de espesor en la Loma del Chivo situada en la esquina NE de la cartografía. El cambio de espesor puede ser brusco en los bloques de fallas NE-SO como el caso de La Clara, o fallas NO-SE y E-O al Sur de la Loma del Chivo. Aunque estas fallas pueden haber sido activas durante la sedimentación de la Caliza de Hatillo, más posiblemente evidencian la discordancia del Cretácico Superior.

La Formación Hatillo se define usualmente por su litología principal, calizas masivas con rudistas y corales, pero la sucesión completa agrupa hasta cuatro tipos de litofacies dispuestas en tres tramos:

Tramo 1.- Brechas basales y areniscas. Han sido descritas por Russell N. y Kesler S.E. (1991) en cortes mineros de la mina Rosario Dominicana cercana al pueblo de Hatillo. Las lutitas carbonosas del techo de la Formación Los Ranchos están cubiertas por un conglomerado de espesor menor a 10 m, con un contenido máximo de 50% de cantos de sílex englobado en una matriz de grano fino. Sobre el conglomerado yace una capa uniforme de arenisca (3-10 m) cortada por una red de fracturas tapizadas por concreciones de óxidos de hierro y sílice, interpretadas como paleosuperficies de alteración. Encima hay lutitas calcáreas y areniscas con fragmentos de fósiles marinos, cubiertos por la caliza masiva del tramo-2. Para Russell N. y Kesler S.E. (1991) se trata de un depósito transgresivo sobre la Formación Los Ranchos. Estos autores citan en esta localidad fauna de equínidos de edad ¿Albiano Superior?-Cenomaniano. En la Hoja de Hato Mayor existe un afloramiento situado 2250 metros al Noreste del pueblo de La Clara. El yacente son más de cien metros de conglomerados de rocas volcánicas que coronan la Formación Los Ranchos. El tramo basal de la Formación Hatillo se consiste en unos 40 metros de brechas en una matriz de lutita con oxidaciones, capas centimétricas de lutitas con cantos, areniscas calcáreas con fauna marina y conglomerados. El techo son capas gruesas de calcarenitas del tramo-2.

Tramo 2.- Sobre los depósitos de conglomerado descritos, o en su ausencia directamente sobre la Fm Los Ranchos, existen dos litofacies lateralmente relacionadas: a.- caliza masiva gris “*wackestone*”, con fauna de rudistas, corales, equinodermos, gasterópodos, lamelibranquios y orbitolínidos; y b.- calizas con bioclastos, litoclastos y grava de rocas volcánicas. La primera se ha depositado en la zona protegida de una plataforma de carbonatos y la segunda como barras costeras en áreas de oleaje. En muchas áreas el tramo-2 termina por un contacto litológico brusco bajo areniscas del Cretácico Superior. Bourdon L. (1985) cita en el corte de la Loma del Chivo la siguiente microfauna: *Orbitolina* sp., *Mesorbitolina* (O) *subconca*, *Paracoskinolina sunnilandensis*, *Spiraplectaminoides* (Cuneolina) *scarsellai*, que determina una edad Aptiano terminal - base del Albiano. Las calizas situadas al Oeste del pueblo de La Clara recientemente identificadas como Fm Hatillo contienen *Orbitolina* sp., *Acicularia* sp., *Pseudotextularia?* sp. La fauna de rudistas determinada por Rojas y Skelton (*com. pers.* 1997 en Escuder Viruete J. *et al.*, 2002) ciñen la edad de este tramo al Albiano Inferior-Medio.

Tramo 3.- La serie se completa con calizas oscuras bien estratificadas con nódulos de sílex, bioclastos, pellets, espículas, radiolarios y grava de rocas volcánicas. Hay áreas, como el cauce del río Guamira al NO de Hato Mayor, donde la Formación Hatillo consta únicamente de este tramo. Se interpretan como carbonatos de plataforma externa, progresivamente más profunda. Si el tramo-3 está preservado, el tránsito a la Formación Las Guayabas aparenta ser transicional. Bourdon L. (1985) cita el foraminífero *Colomiella recta*, que caracteriza al Aptiano Superior-Albiano.

2.2.2 La Fm Hatillo en la Hoja de El Valle. Calizas masivas con rudistas (10). Aptiano-Albiano. K₁

Las calizas de la Fm Hatillo afloran en el ángulo SE de la Hoja, y constituyen una barra de aproximadamente 200 m de espesor, en los lugares llamados Loma La Jagua y Loma Dos Macos. Presentan las facies clásicas de la formación que le valen el nombre de calizas pararrecifales.

Son calizas masivas, con pátina blanca y fractura en esquirla de color gris-beige, donde generalmente sólo se ven pináculos provenientes de la karstificación y es a menudo difícil ver la estratificación.

En la colina situada al Este de Los Macos, las calizas constituyen una cornisa y sobre todo una losa estructural en donde se distinguen las alternancias de estratos de potencia decimétrica a métrica que comprenden :

- calizas masivas con conchas de rudistas anchas y bien conservadas ;
- calizas biomicríticas gris azul, brechoides, en bancos irregulares, de superficie ondulada, separadas por delgados inter-lechos margosos.

Estas calizas presentan alternancias de siltitas marrones y pelitas negras micáceas, en bancos de potencia centimétrica. Estas últimas facies constituyen la base de la Fm Las Guayabas, que parece concordante sobre las calizas.

No se ha realizado ningún corte detallado, ni desmuestre alguno para lámina delgada y datación. Esta formación se atribuye al Aptiano-Albiano.

2.3 EL CRETÁCICO SUPERIOR

2.3.1 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.

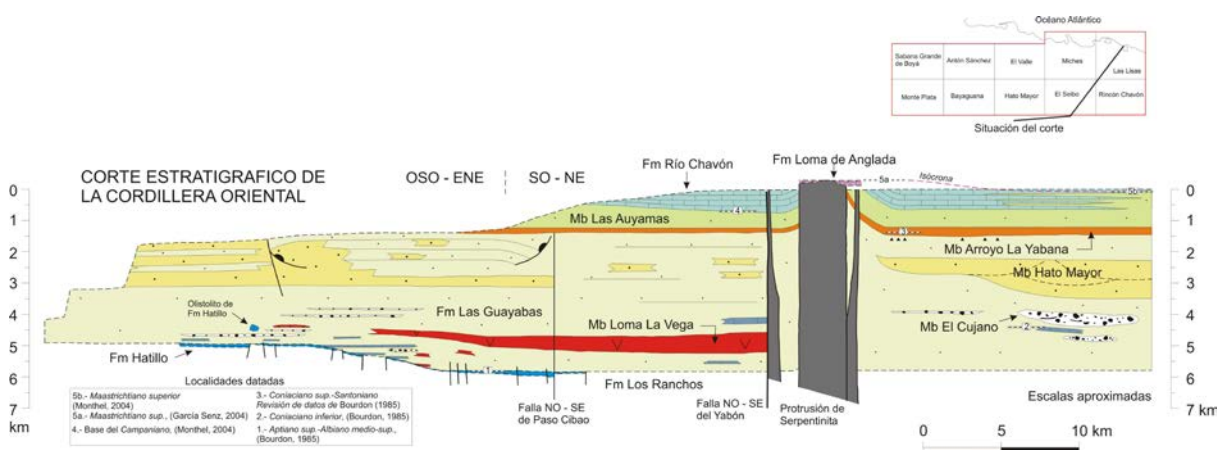


Figura 5 : Corte estratigráfico sintético de las unidades estratigráficas y las facies del Cretáceo Superior de la Cordillera Oriental. Se ha realizado con la información de la cartografía y cortes geológicos seriados.

Ahora, en el Cretácico 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.

2.3.2 La Fm Las Guayabas en la Hoja de El Valle

La Formación Las Guayabas es conocida sólo en el límite este del Hoja donde constituye tres afloramientos muy distintos, desde el punto de vista geográfico, así como desde el litológico :

- en el ángulo SE de la Hoja, alrededor del pueblo de Consuelo,
- en el centro, a uno y otro lado del arroyo Bibiana,
- en el ángulo NE de la Hoja, al Norte de la Loma El Mogote.

En la Hoja El Valle, ninguna de las muestras de la Fm Las Guayabas, estudiadas en lámina delgada, reveló la presencia de microfósiles que permitan fijar la estratigrafía de la formación, por lo que es atribuida, sin mayor precisión, al Cretácico Superior.

2.3.2.1 Fm Las Guayabas. Areniscas, grauvacas y lutitas en capas delgadas plano-paralelas (11). Cretácico Superior. K₂

Cerca del pueblo de Consuelo, la Fm Las Guayabas está representada por litoesparitas y litarenitas feldespáticas en bancos de potencia métrica, que descansan sobre las calizas de la Fm Hatillo. Las malas condiciones del afloramiento no permitieron precisar la naturaleza

sin duda "erosiva" del contacto. En estado de alteración estas rocas presentan un corte "en cáscaras de cebolla" muy característico. El grano medio a grueso está marcado por puntos milimétricos blancuzcos que corresponden a fragmentos de feldespato alterado. Son grauvacas líticas, que están compuestas por restos y elementos monocristalinos milimétricos, confinados en una matriz cuarzo-filitosa heterogénea.

En el arroyo Bibiana, la Fm Las Guayabas se compone de alternancias de litarenitas feldespáticas grano-clasificadas, de areniscas finas laminadas, de siltitas y de cherts de radiolarios. Los bancos son de potencia centimétrica a decimétrica (10 a 30 cm como promedio) que pueden alcanzar a veces 1 m. La estratificación siempre está bien definida. En lámina delgada, las litarenitas (JM-9043) muestran una litofase de tamaño comprendido entre 0.1 y 1 mm, principalmente compuesto por feldespatos alterados (sanidina), de cristales de cuarzo de origen volcánico y de restos de filosilicatos. La biofase está totalmente ausente. Los cherts (JM-9038) son de color marrón rojo, con estructura laminada, nacidos de una alternancia milimétrica de texturas mudstone/wackestone. Los radiolarios (naselarios y espumellarios) están muy recristalizados y no permiten la determinación.

2.3.2.2 Fm Las Guayabas. Mb Hato Mayor. Brechas y areniscas gruesas (12). Cretácico Superior. K₂

En el ángulo NE de la Hoja, al Norte de la Loma El Mogote, las facies de la Fm Las Guayabas tienen la particularidad de estar intensamente deformadas y metamorfizadas. La esquistosidad está bien definida, a tal punto que las facies finas parecen esquistos clorito-sericíticos :

- la facies "banal" (muestras JM-9469 y 9472) es una roca volcanoclástica de granulometría fina, con textura laminada. La litofase está constituida por fragmentos de roca volcánica de composición andesítica y por clastos de cuarzo y de plagioclasas. La matriz está hidrotermalizada, con una proporción importante de sericita, incluso de anfíbol fibroso de tipo actinolita-tremolita, minerales que destacan claramente la esquistosidad ;
- en el extremo del ángulo NE de la Hoja, se cartografió una facies más gruesa, cuyos litoclastos son centimétricos a decimétricos parecida a las facies del Mb. de Hato Mayor, definida y bien desarrollada en las Hojas de El Seibo y de Las Lisas. Como

las facies finas, están muy deformadas, al igual que los elementos gruesos de que están compuestas, y se presentan una forma ovoide y muy disimétrica que evidencia claramente una alineación de alargamiento.

2.4 EL PLUTONISMO DEL CRETÁCICO

2.4.1 El macizo tonalítico de El Valle. Tonalitas y cuarzo-dioritas (1). Facies masocratos a melanocratos tipo gabro (2)

El macizo tonalítico o grano-diorítico de El Valle fue descubierto en 1977 durante los trabajos de búsqueda de lignito por la compañía Sofremines.

Ocupa el fondo de una vasta depresión centrada en la aldea de El Valle, y sigue una dirección NO-SE groseramente paralela a los accidentes mayores que afectan la región : hacia el NE, se interrumpen en la falla del río Yabón y hacia el SO, desaparecen bajo la cobertura de las arcillas y margo-calizas de la Fm Los Haitises cuya extensión es igualmente controlada por la fracturación NO-SE.

Esto cuerpo es intrusivo en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos y engendra, en sus bordes, un metamorfismo de contacto de extensión reducida cuyas transformaciones mineralógicas se indicaron en el momento de la descripción de las facies relativas a la Fm Los Ranchos.

Los contactos con el encajante son muy verticales y visibles en favor de los relieves de la orla Este (sector de Pinita Arriba y Pinita Abajo) y Suroeste (Loma de la Yagua). Al pie de Loma de la Yagua, una pequeña cantera intermitente (Afl. JM-9314) permite ver el contacto.

La arenización es generalmente importante en el conjunto del macizo y puede alcanzar más de 10 m de espesor. Provee un suelo propicio para el cultivo de cítricos y de palmas de aceite. Se observa el granitoide fresco en las bolas que “flotan” en las arenas nacidas de la alteración meteórica.

Se distinguieron y cartografiaron dos facies principales :

- la facies más frecuente (1) es de grano grueso, con textura isogranular, de tinte beige claro (JM-9070, 9073 y 9341). Se trata de una tonalita compuesta por plagioclasas parcialmente alteradas a sericita y epidota, con cuarzo abundante, de anfíbol verde-marrón automorfo y más raramente de biotita, sistemáticamente transformada en clorita. Es frecuente en el afloramiento la presencia de enclaves centimétricos.
- menos frecuente (2), la facies es de grano fino y de color marrón (JM-9274, 9313 y 9324). Parece un microgabro constituido principalmente de anfíbol y de listones cuadrados de plagioclasa.

Las relaciones entre estas dos facies no están establecidas. La facies oscura de composición gabroide puede corresponder a una facies de orla, proveniente de la asimilación de las volcanitas básicas de la Fm Los Ranchos. Pero se trata de una hipótesis, que no siempre se apoya en las observaciones realizadas, pues, en el afloramiento JM-9314 se ve una facies de tonalita clara en el, contacto con las volcanitas de la Fm Los Ranchos.

2.4.2 Otros afloramientos de tonalita

Varios cerros de material tonalítico afloran en medio de la cobertura plio-pleistoceno de Los Haitises. Son antiguos islotes del sustrato granítico que no han sido totalmente recubiertos y colonizados por las facies arrecifales transgresivas de Los Haitises.

Estos afloramientos presentan exactamente las mismas facies que los del macizo de El Valle y es muy probable que en detalle, formen parte del mismo batolito. Se trata de una tonalita de grano claro (JM-9341), o más oscura, con tendencia gabroide (JM-9443)

2.4.3 Filones de aplita asociadas al batolito de El Valle

Se observan microgranitos aplíticos en forma de filones de potencia métrica y extensión decamétrica en el sector de Loma Larga. Son intrusivos en las facies volcánicas del Fm Los Ranchos, cerca del contacto con el batolito de El Valle. Están muy alterados y constituyen una arena cuarzo-feldespática suelta de color claro que contrasta con el del encajante.

2.5 LOS HAITISES – PLIOCENO-PLEISTOCENO

2.5.1 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.

2.5.2 Los Haitises en la Hoja El Valle

La cobertura tabular de Los Haitises, Fm Yanigua y Cevicos, está ampliamente representada en el territorio de la Hoja El Valle. En efecto, toda la parte occidental de la Hoja está recubierta por estas formaciones que coronan también la mayoría de los relieves del centro-sur de la Hoja.

Se encuentran aquí las tres principales entidades litológicas recubriendo, en discordancia, la desgastada paleo superficie ante plioceno :

- en la base, el miembro inferior o Fm Yanigua, predominan las arcillas y las areniscas finas con índices de lignito y ámbar; colma las depresiones de la paleosuperficie. Su espesor varía entre 0 y más de 100 m ;
- en el medio, una serie de alternancias muy irregulares de margas y calizas biodetríticas, provenientes del desmantelamiento de arrecifes construidos, con un espesor de al menos 100 m ;
- al techo, las calizas arrecifales propiamente dichas, cuya morfología cárstica caracteriza la formación en su conjunto.

Durante los trabajos de cartografía se pudieron observar en el campo sólo los dos primeros términos. La entidad superior, debido a una intensa karstificación y a una vegetación selvática densa e impenetrable, es difícilmente accesible. Su contorno cartográfico se dedujo del examen de las fotos aéreas y de la hoja topográfica.

2.5.2.1 Los Haitises. Fm Yanigua. Margas con limos, lignito e intercalaciones de calizas margosas (13). Plioceno-Pleistoceno. N₂ - Q₁₋₃

Debido a su naturaleza arcillosa, los afloramientos naturales son escasos, excepto en el lecho del río Yanigua donde se definió el estrato tipo de esta formación. Además esta disponible la descripción de un sondeo efectuado en el mismo sector, para la búsqueda de lignito, que data de los años 70 (Michelson H. 1977).

Las principales facies intersectadas por este sondeo son las siguientes (Figura 6) :

- en la base, descansan sobre alteritas graníticas rojizas, 7,5 m de pseudo-conglomerados de intraclastos de arcillas grises y de areniscas arcillosas finas, en alternancias de bancos de potencia decimétrica a métrica ;
- hacia arriba, cerca de 15,5 m, alternancias de areniscas micáceas finas, arcillas arenisco-siltosas compactas marrones con fragmentos carbonosos. Es en este

intervalo donde se observa la presencia de intercalaciones de lignito con tamaño centimétrico a decimétrico ;

- a techo, la serie continúa con un conjunto compuesto principalmente por arcillas y arcillas siltosas.

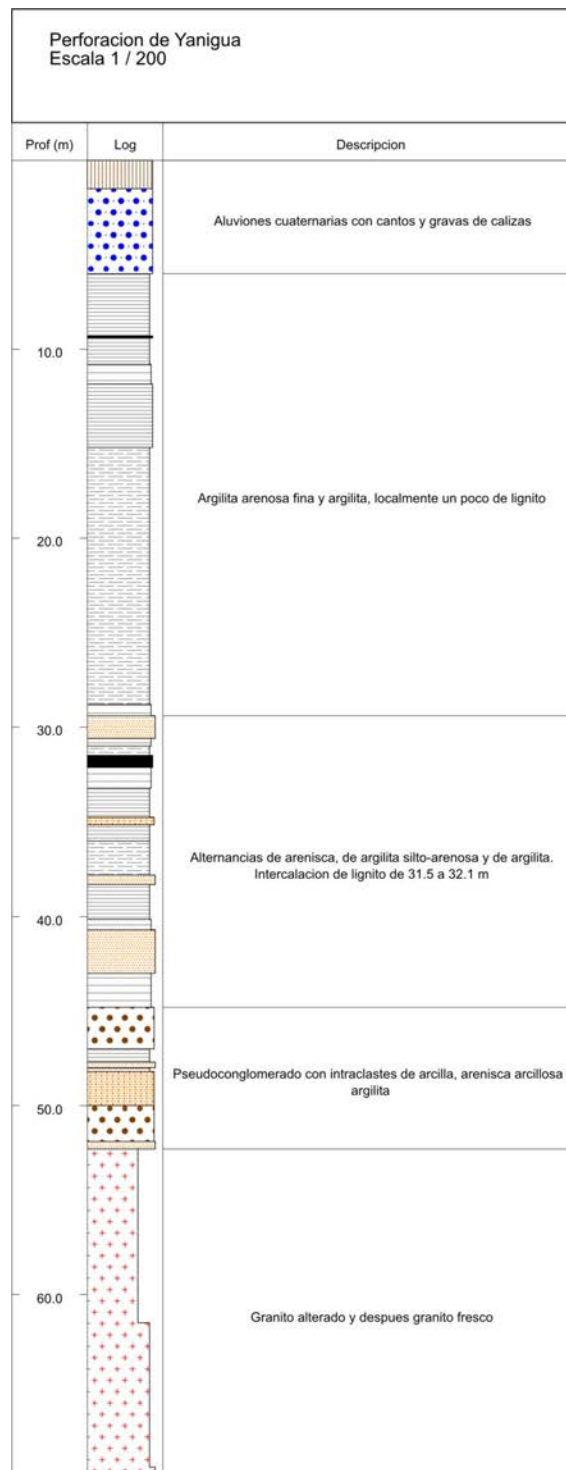


Figura 6 : Log del sondeo de Yanigua (informe inédito de Michelson H., 1977). No se conoce la localización exacta del punto de sondeo.

El lecho del río Yanigua da acceso a diferentes facies arenisco-arcillosas (Afl. JM-9332 y 9827) :

- areniscas gruesas con litoclastos de cuarzo anguloso y matriz arcillo-siltosa rica en materia orgánica y en neo-formaciones de pirita-marcasita ;
- areniscas finas con matriz arcillo-micácea gris, frecuentes bioturbaciones piritizadas, ciertos bancos de areniscas son canaliformes ;
- arcilla siltosa y arcilla gris, rica en pequeños fragmentos de conchas de fósiles de agua dulce ;
- arcilla gris negra con intercalaciones de lignito laminado.

La naturaleza y la disposición de los depósitos, la presencia de lignito y de fósiles de agua dulce, corresponden a un medio paleogeográfico lacustre-litoral, con fuerte influencia continental. No existe ningún elemento de datación que permita precisar la edad de esta formación en el territorio de la Hoja de El Valle.

2.5.2.2 Los Haitises. Fm Cevicos. Margas, calizas margosas y calizas arrecifales (14). Plioceno-Pleistoceno. N₂ - Q₁₋₃

Esta unidad está compuesta por margas, calizas arcillosas y calizas biodetríticas, ricas en fragmentos y ramas de políperos. El contacto precedente con la Fm Yanigua no se observa, es progresivo y corresponde con la aparición de carbonatos.

Esta unidad es transgresiva y su extensión es más importante que la de la Fm Yanigua. En ciertos puntos descansa directamente sobre el sustrato cretácico : a lo largo de la carretera sur, que une a Sabana de Barriolo con Sabana de Pastillar (Afl. JM-9102), el contacto entre las volcanitas de la Fm Los Ranchos y las margas de la Fm Cevicos está subrayada por un nivel métrico de conglomerado con elementos angulosos, tomados de las volcanitas, en una matriz de margas grises de pequeñas concreciones de caliza blancuzca.

Los afloramientos naturales no son muy frecuentes. En cambio y 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 : se producen pequeñas cornisas y rellanos topográficos perceptibles en el paisaje y visibles en las fotos aéreas.

Las margas y las calizas arcillosas son de color gris-azul cuando están frescas y amarillentas cuando están alteradas. Afloran difícilmente. En los pastizales o a lo largo de los ríos, su existencia se deduce por la presencia de abundantes bloques, muñecas y bolas de calizas biodetríticas, incrustados de conchas enteras y de fragmentos de fósiles muy variados: lamelibranquios, políperos, madreporas, etc.

Los bancos y los niveles carbonatados están constituidos en gran parte por material proveniente de la destrucción de organismos calizos, constructores o no. La facies más frecuente está compuesta por un encabestramiento de fragmentos de tallos de políperos ramosos, mal cementados por una matriz arcillo-carbonatada. De forma general, observen más a menudo “brechas de acumulación de organismos”, que construcciones de tipo biohermo. Estas « brechas » constituyen bancos lenticulares que se interdigitan en las margas.

Las diferentes facies corroboran el carácter arrecifal de la formación. La naturaleza y la disposición de las facies evocan a favor de depósitos tipo “plataforma interna” o “de arrecife trasero”.

2.5.2.3 Los Haitises. Fm Cevicos. Calizas arrecifales masivas (15). Plioceno-Pleistoceno. N₂ - Q₁₋₃

En párrafos anteriores se ha mencionado el difícil acceso a esta entidad cuya cartografía se deduce por el examen de las fotos aéreas y por la hoja topográfica.

En los raros lugares donde se observa, se trata de una caliza grumosa blanca-rosa, masiva y homogénea, sin estratificación visible. No difiere de la facies clásica y convencional de la Fm Cevicos, interpretada como una facies arrecifal donde abundan los corales en posición de vida y diferentes especies de lamelibranquios.

2.6 LAS FORMACIONES SUPERFICIALES CUATERNARIAS

2.6.1 Abanicos aluviales. Arenas y arenitas provenientes de la alteración de los granitoides de El Valle (16). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

La depresión de El Valle está recubierta por sedimentos arcillo-arenosos provenientes de la alteración meteórica de las facies graníticas subyacentes. Estas alteritas cubren una importante superficie. Exceptuando una facies bien particular de areniscas y cubiertas ferruginosas, todas están marcadas con la misma notación, aunque nada permite decir si realmente pertenecen a la misma formación y si son de la misma edad.

El material que las conforma no es homogéneo y varía según dependencia de los puntos de observación. A continuación se mencionan algunos ejemplos, tomados a lo largo de la carretera que une El Valle con el pueblo de Arenita, situado hacia el SE en la orilla del río Yabón :

- a la salida de El Valle, antes de atravesar el río Sano (JM-9187), se trata de materiales débilmente endurecidos, de naturaleza arenisco-microconglomerática, organizados en bancos sub-horizontales, de potencia decimétrica a métrica, ricos en figuras de granoclasificaciones y de estratificaciones entrecruzadas. Por ciertos aspectos, esta facies muestra el paso de paleo-terrazas, desarrolladas en un antiguo lecho del río Sano ;
- cerca de Rincón Fogón (Afl. JM-9190), son coluviones arcillosos y pedregosos rojizos, ricos en fragmentos milimétricos y centimétricos de cuarzo blanco y, más raramente, en cantos y gránulos de hidróxidos de hierro ;
- en los sembrados de cítricos situados cerca de la finca de Los Callejones (Afl. JM-9279), son depósitos de arena blanca, muy blandos y propicios para el cultivo de frutales ;
- cerca de los caseríos Los Serafines y Las Felipinas (Afl. JM-9200), se trata de areniscas finas arcillo-arenosas, en bancos estratificados de espesor centimétrico a decimétrico, que recubren directamente la alterita granítica.

Se puede comprobar la variabilidad de la facies, en ocasiones pedregosa y de granulometría heterogénea, a veces arcillosa muy fina, en su mayoría arenosa o arenosa-arcillosa blanquecina a rojiza, con nivelles o cordones de gravas.

Estos materiales recuerdan los depósitos fluvio-lacustres, localmente deltaicos o torrenciales. Su espesor no es conocido y está controlado por la morfología del paisaje y por la red de ríos que, en la época de los depósitos, drenaban la zona. Estos depósitos no contienen carbonatos de calcio.

2.6.2 Abanicos aluviales. Arcillas lateríticas retrabajadas con niveles de cantos, gravas y areniscas (17). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

Los pies de los actuales relieves, al igual que las depresiones, están generalmente cubiertos por una película de guijarros, gravas, limos y arcillas. El espesor de estos depósitos puede ser muy débil, en particular en lo alto de las laderas y en las cabezas de los arroyos, donde son eliminados regularmente por los arroyados ; en las partes bajas el espesor puede alcanzar varios metros. Debe considerarse que, a menudo, es difícil establecer su límite con la alteración en el lugar del sustrato.

Estos depósitos están compuestos por un material local, débilmente transportado bajo el efecto de la alteración meteórica y de las avenidas. La naturaleza de este material está condicionada por la del sustrato. Generalmente son materiales arcillo-arenosos, con fragmentos líticos, que provienen de la modificación de alteritas desarrolladas en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos. Es notable, en la parte superior de los depósitos, la presencia bastante frecuente de limos arcillo-arenosos amarillentos, con gravillas lateríticas centimétricas.

En los lugares donde existen, estos recubrimientos constituyen suelos propicios para el cultivo de cítricos, muy valorados en el territorio de la Hoja El Valle.

2.6.3 Fondos de dolinas y poljes. Arcillas de descalcificación (18). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

Esta es una arcilla rojiza que rellena ciertas dolinas y poldje desarrollados en las calizas karstificadas de Los Haitises. Solamente se consideraron los sectores donde estas arcillas

cubren una superficie suficiente, que son zonas llanas, en general bien visibles en fotos aéreas.

2.6.4 Niveles de arenas ferruginosas y costras ferruginosas (19). Pleistoceno - Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

Estas facies, particulares en el seno de los sedimentos arcillo-arenosos desarrollados en el granitoide de El Valle, tienen una extensión limitada. Coronan las colinas situadas alrededor de Rincón Fogón, al Este de El Valle, y constituyen un nivel en apariencia interestratificado en los sedimentos arcillo-arenosos ya descritos, al pie de la Loma de Los Cacaillos, en el NO de la Hoja.

La facies tipo es una arenisca gruesa de matriz ferruginosa (muestra JM-9188), compuesta por abundantes cristales y clastos de cuarzo y de escasos cristales de feldespato. El cemento corresponde a la ferruginización tardía de una argamasa arcillosa original.

Las costras ferruginosas de goethita con protuberancias están asociadas a las areniscas (JM-9194). Pueden compararse, más o menos, al acorazamiento, ya conocido en la base de los perfiles de alteración laterítica, en los países tropicales.

Esta ferruginización es el testimonio de un antiguo perfil de alteración laterítica, hoy degradado y desmantelado en gran parte, debido probablemente a la transición hacia un clima más húmedo.

2.6.5 Terrasas medias y bajas. Gravas, arenas y lutitas (20). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

El valle del río Yabón tiene un ancho de alrededor de 1000 m. Abundan los aluviones antiguos, pero en gran parte enmascarados por una película arcillosa reciente, cubierta de vegetación y más o menos pantanosos. El material es una grava redondeada a subredondeada, con fragmentos de roca volcánica y matriz arcillo-arenosa.

2.6.6 Áreas pantanosas. Lutitas (21). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

Al Norte de Los Serafines, una zona pantanosa ocupa una depresión cerrada de aproximadamente 1500 m de largo para 500-600 m de ancho. El terreno arcilloso negro, empapado de agua rica en materia orgánica, está invadido por hierbas y mangles.

2.6.7 Fondos de valle. Gravas, arenas y arcillas (22). Pleistoceno – Holoceno. Q₁₋₃ – Q₄

Sólo los valles de los principales ríos del Norte de la Hoja tienen un relleno aluvial notable, compuesto por bloques, gravas y arenas cuya naturaleza depende del sustrato geológico. Los aluviones de los ríos Yanigua y Chiquito son carbonatados y provienen de las calizas de Los Haitises. Los de los ríos Yabón, Sano y Catalina están compuestos por volcanitas y granitoides.

A la salida de El Valle, los aluviones arenosos del río Sano se utilizan para la construcción local.

Hoja de El Valle - 6372-IV				
Numero	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD 27	
	Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)
JM-9024	18,86623	-69,28890	469 568	2 085 926
JM-9038	18,89038	-69,25947	472 672	2 088 594
JM-9043	18,89287	-69,25612	473 026	2 088 868
JM-9048	18,88622	-69,26167	472 440	2 088 133
JM-9050	18,88478	-69,26380	472215	2087974
JM-9053	18,88699	-69,26569	472017	2088219
JM-9056	18,86782	-69,26658	471 920	2 086 098
JM-9069	18,90286	-69,32126	466167	2089985
JM-9070	18,90401	-69,32211	466078	2090112
JM-9073	18,92146	-69,32300	465 988	2 092 043
JM-9100	18,84696	-69,36490	461 558	2 083 808
JM-9102	18,84635	-69,37068	460 950	2 083 743
JM-9154	18,84238	-69,36548	461 497	2 083 302
JM-9158	18,83980	-69,30880	467 467	2 083 005
JM-9160	18,83958	-69,30613	467 749	2 082 981
JM-9172	18,83809	-69,29323	469 107	2 082 813
JM-9187	18,98216	-69,37475	460 553	2 098 770
JM-9188	18,98410	-69,35975	462132	2098981
JM-9190	18,97686	-69,35398	462 738	2 098 179
JM-9194	18,96874	-69,34511	463 670	2 097 279
JM-9200	18,95120	-69,33541	464688	2095336
JM-9202	18,94806	-69,32229	466 068	2 094 985
JM-9209	18,93788	-69,32210	466 086	2 093 860
JM-9210	18,93193	-69,32456	465 826	2 093 202
JM-9238	18,98685	-69,28945	469 533	2 099 272
JM-9239	18,99068	-69,28844	469 640	2 099 695
JM-9240	18,97812	-69,29142	469 324	2 098 306

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

Hoja de El Valle - 6372-IV				
Numero	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD 27	
	Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)
JM-9274	18,95843	-69,35665	462 452	2 096 140
JM-9279	18,94535	-69,34297	463 890	2 094 690
JM-9313	18,95440	-69,41115	456 714	2 095 708
JM-9314	18,96852	-69,40232	457 646	2 097 267
JM-9314	18,96852	-69,40232	457 646	2 097 267
JM-9324	18,94770	-69,41282	456 537	2 094 966
JM-9329	18,97562	-69,43599	454 105	2 098 061
JM-9332	18,97004	-69,44906	452 727	2 097 448
JM-9337	18,99207	-69,44764	452 882	2 099 884
JM-9338	18,99135	-69,44329	453340	2099803
JM-9341	18,97080	-69,46689	450 850	2 097 536
JM-9341	18,97080	-69,46689	450 850	2 097 536
JM-9354	18,98985	-69,43611	454 095	2 099 636
JM-9372	18,95346	-69,25869	472 765	2 095 573
JM-9377	18,93893	-69,29162	469 295	2 093 970
JM-9382	18,95189	-69,27066	471 504	2 095 400
JM-9389	18,96248	-69,26191	472 427	2 096 571
JM-9392	18,96605	-69,26881	471 702	2 096 967
JM-9393	18,96073	-69,26931	471 648	2 096 379
JM-9408	18,97720	-69,27549	471 000	2 098 202
JM-9427	18,86697	-69,42841	454 874	2 086 038
JM-9443	18,87728	-69,43081	454 623	2 087 179
JM-9459	18,84899	-69,41707	456 063	2 084 045
JM-9469	18,98344	-69,24706	473 994	2 098 888
JM-9472	18,97004	-69,25146	473 529	2 097 406
JM-9495	18,83606	-69,3082	467 529	2 082 592
JM-9605	18,83438	-69,30635	467 725	2 082 405
JM-9608	18,89035	-69,29864	468 547	2 088 596
JM-9614	18,89739	-69,27985	470 528	2 089 372
JM-9622	18,91476	-69,26144	472 469	2 091 291
JM-9623	18,85332	-69,32614	465 644	2 084 504
JM-9632	18,91886	-69,25707	472 930	2 091 744
JM-9636	18,87889	-69,27689	470 836	2 087 324
JM-9734	18,84138	69,37156	460 856	2 083 193
JM-9827	18,97109	-69,44248	453 420	2 097 562

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

3 GEOQUÍMICA Y DATACIONES ABSOLUTAS

3.1 INTRODUCCIÓN Y TÉCNICAS ANALÍTICAS GEOQUÍMICAS

Para la realización del 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 lementos 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 lherzolita) cambia de forma predecible durante los procesos de fusión y cristalización fraccionada.

En el conjunto de todas las rocas estudiadas es posible distinguir cuatro 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 ; el "Pluton de El Valle ; y un conjunto de granitoides tonalíticos y cuarzo-dioríticos, intrusivos.

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 7). 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 8 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).

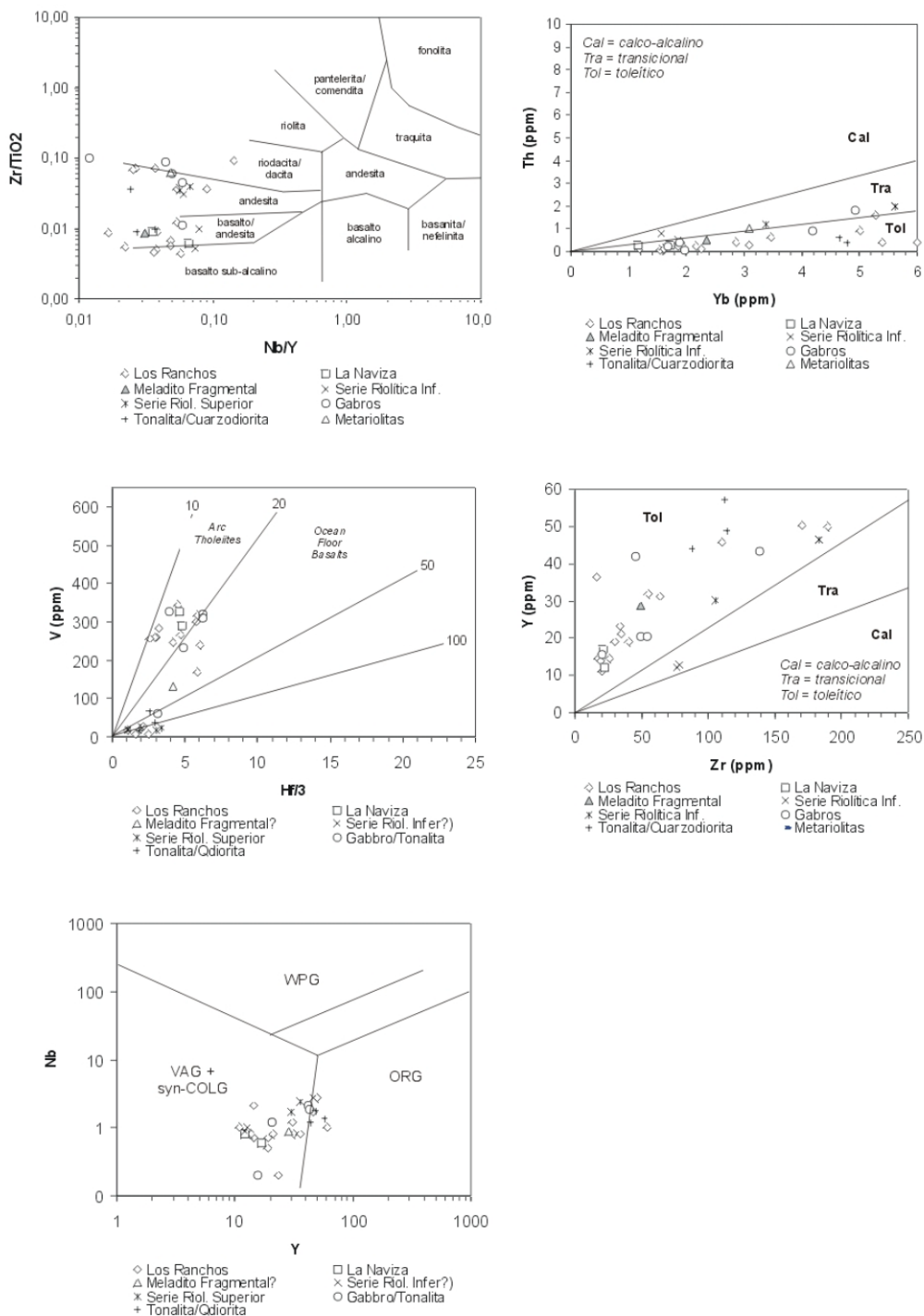


Figura 7 : Proyección de las rocas de la Fm Los Ranchos en los diagramas Nb/Y versus Zr/TiO₂ (Winchester y Floyd, 1977), Yb-Th y Zr-Y (Barrett y MacLean, 1999), Ti/1000-V de Shervais (1982) e Y-Nb de discriminación de granitoides (Pearce et al., 1984).

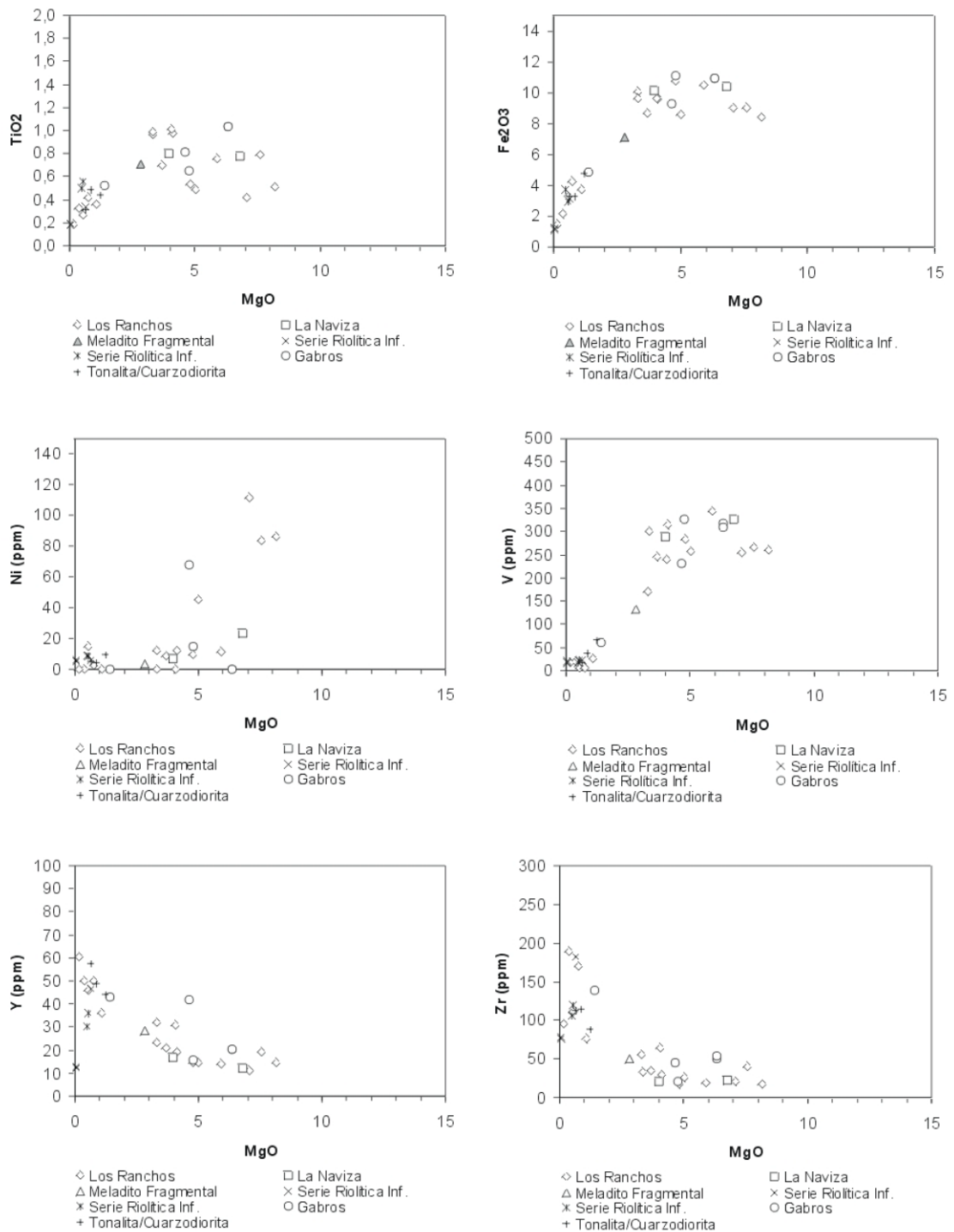


Figura 8 : Diagramas binarios frente al MgO para las rocas de la Fm Los Ranchos.

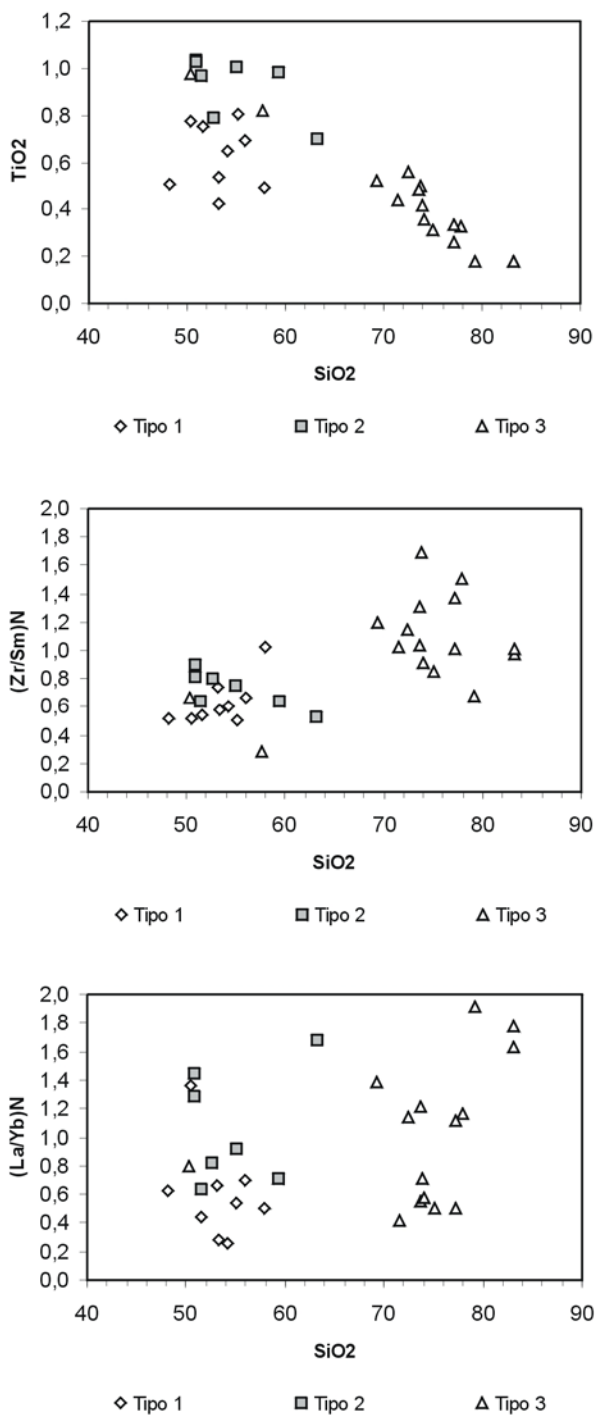


Figura 9 : Diagramas binarios SiO₂ versus TiO₂, (Zr/Sm)_N y (La/Yb)_N para las rocas de la Fm Los Ranchos.

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 10). 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 9) : 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 10, 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.

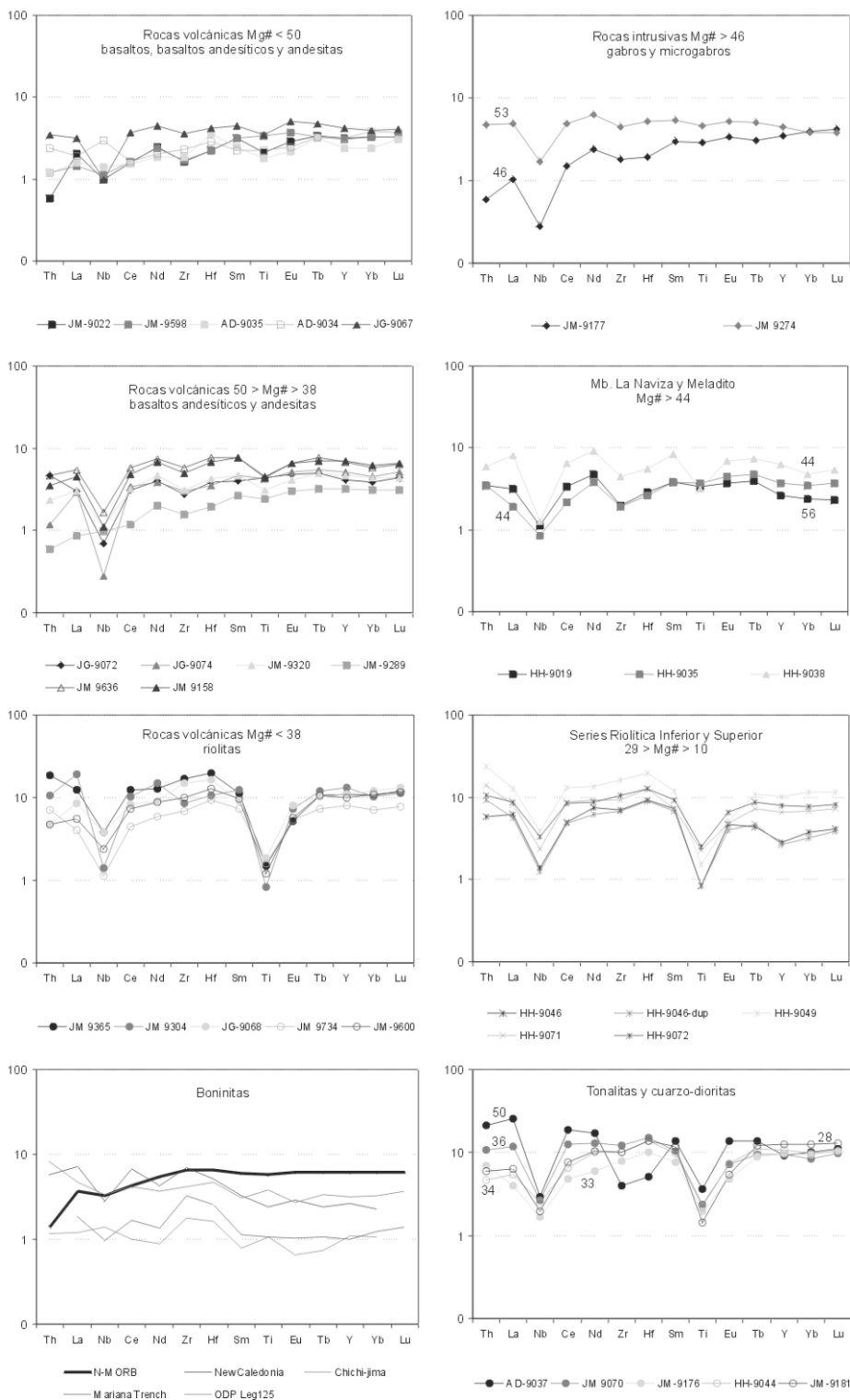


Figura 10 : Diagramas extendidos de REE para los distintos tipos de rocas diferenciados en Fm Los Ranchos agrupados en función del Mg#. Símbolos: Tipo 1 y Mb La Naviza=cuadrados; Tipo 2 y Mb Meladito=triángulos; Tipo 3 o series riolíticas=círculos y cruces; microgabros (Tipo 1)= rombos); y tonalitas 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 10), 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 10), 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 10) 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 11).

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.

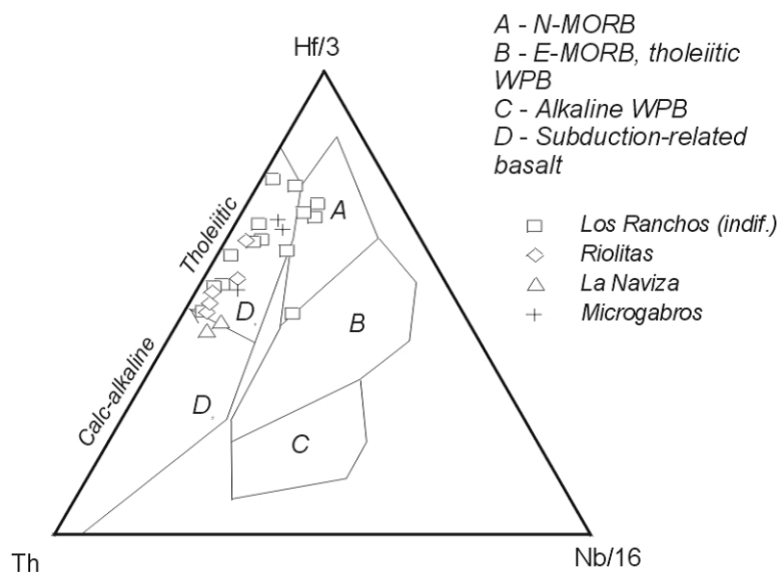


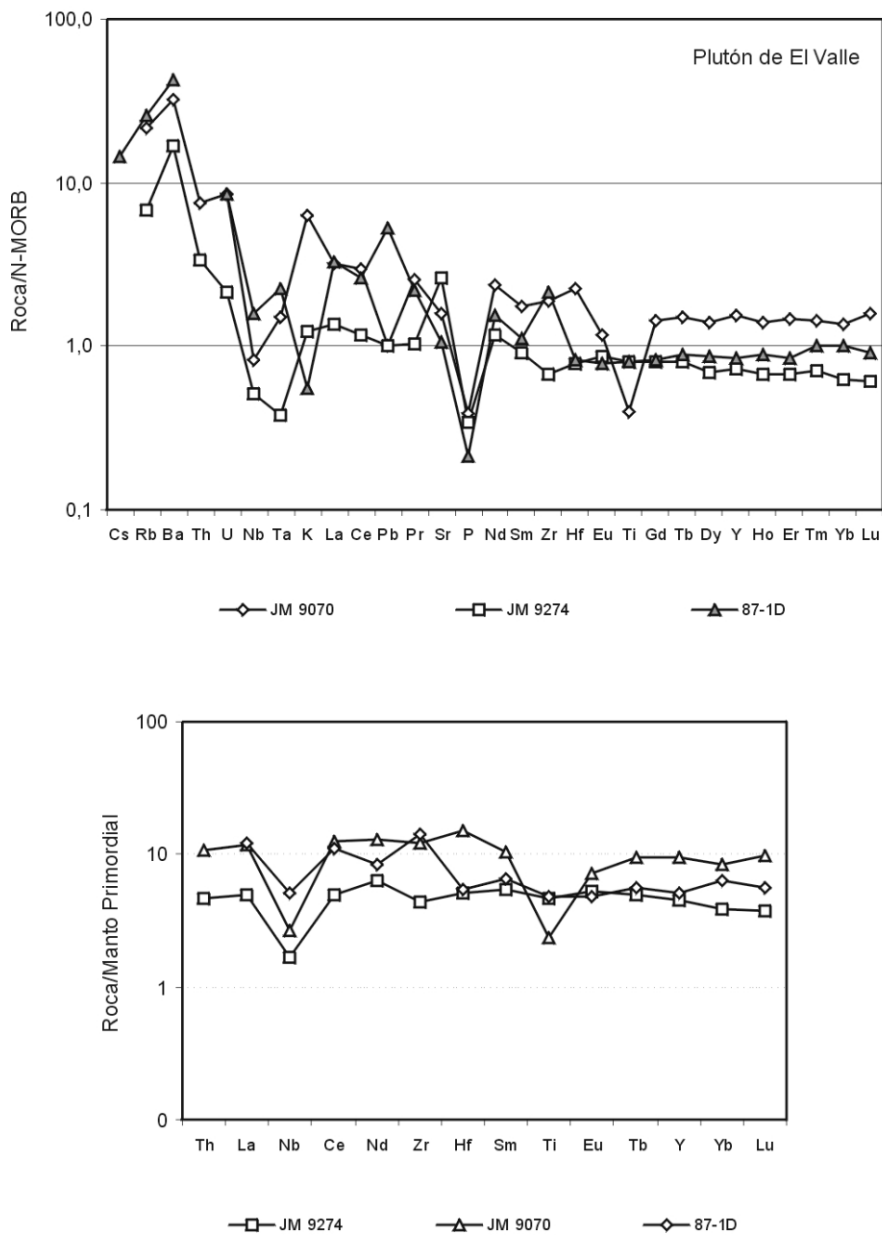
Figura 11 : Diagramas triangular Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980) para las rocas de la Fm Los Ranchos.

3.3 ESTUDIO GEOQUÍMICO DE MUESTRAS DEL PLUTÓN DE EL VALLE

Las muestras del Plutón de El Valle estudiadas proceden de la Hoja de El Valle (JM9070 y JM9274) y de análisis incluidos en el trabajo de Lebrón M.C. y Perfit M.R. (1994), relativos a muestras de los afloramientos del plutón en el río Guamira. Se trata de tonalitas de colores blanco a rosáceo de grano grueso, localmente intruidas por, o relacionadas con, microgabros y cuarzo-dioritas grises oscuras de grano fino a medio.

Por sus relaciones genéticas con las rocas de la Fm Los Ranchos, el estudio de las muestras JM9070 y JM9274 fue realizado conjuntamente a las rocas de dicha formación. El microgabro JM9274 es el equivalente plutónico de los basaltos Tipo I pobres en LREE y Ti; análogamente, el intrusivo tonalítico JM9070 es el equivalente intrusivo de las rocas volcánicas félsicas de Tipo III (riolitas). La muestra 87-1D de Lebrón M.C. y Perfit M.R. (1994) constituye una tonalita también relativamente pobre en TiO_2 (<0,25%), MgO (<0,5%), K_2O (<1,0), Zr y P_2O_5 (<0,1%), respecto a con las rocas ácidas calco-alcalinas típicas.

En un diagrama multielemental normalizado frente a N-MORB (Figura 12), las rocas del Plutón presentan generalmente un enriquecimiento en los elementos LILE (Cs, Rb, Ba, Pb), K, U y Th, y un empobrecimiento en ciertos HFSE (Nb, Ta, Ti). Los contenidos en REE son muy similares a N-MORB (0,7-1,3 x N-MORB). Estas características geoquímicas, junto a la anomalía positiva en Th y anomalías negativas en Nb-Ta y Ti, sugieren que estas rocas están relacionadas con subducción y, por tanto, son los equivalentes intrusivos genéticamente relacionables de las rocas volcánicas félsicas de la Fm Los Ranchos donde intruye el Plutón. En un diagrama extendido de REE (Figura 12), las rocas de este grupo presentan un nulo o muy ligero enriquecimiento en LREE, a diferencia del moderado a fuerte enriquecimiento en LREE característico de las rocas ácidas calco-alcalinas, por ejemplo las dacitas ricas en K de la Fm Las Guajabas. Presentan contenidos en HREE de entre 4,6 y 12,0 x manto primitivo y anomalías negativas de Nb y Ti. Como las rocas volcánicas riolíticas y plutónicas ácidas de la Fm Los Ranchos, en los diagramas de discriminación tectónica de Pearce et al. (1984) estas rocas caen dentro del campo de los granitos de arco volcánico (VAG), lo cual es compatible con la anomalía negativa en Nb característica de rocas de arco.



Jm9274; Tipo 1, Low-LREE y Low-Ti IAT
 Jm9070 y 871D; Tipo 3, rocas félsicas

Figura 12 : Diagramas multielementales y de REE extendidos para tonalitas del Plutón de El Valle (datos de Lebrón MC. y Perfit M.R., 1994).

3.4 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 7a 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 SiO₂ 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 CaO/(CaO+Na₂O) 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 SiO₂-K₂O del campo pobre en K, siendo el K₂O<0.94 en las tonalitas y cuarzodioritas. 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. 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 (Fig. 4), lo que establece una clara conexión genética entre ambos tipos de rocas. Las tonalitas presentan una distribución plana o 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. Esta queda claramente definida en el diagrama de discriminación tectonomagmática Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980) (Fig. 5).

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 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). 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.

3.5 ESTUDIO GEOQUÍMICO DE MUESTRAS DE LA FM LAS GUAYABAS

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

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

Composicionalmente se trata de un grupo de basaltos andesíticos, andesitas y dacitas, relativamente bastante fraccionadas (Mg\# de 44 a 20) y muy ricas en K_2O (entre 2,7 y 12%; 8,1% de promedio) y en Na_2O (entre 2,6 y 5,8%; 4,2 de promedio). Presentan contenidos altos en Al_2O_3 (entre 16,5 y 21,0%; los términos más básicos serían basaltos ricos en alúmina), Rb y Sr, y bajos en TiO_2 (<1,0%) y MgO (<1,65%), incluyendo los basaltos andesíticos del Mb La Vega donde son de 2,5 y 2,7% (Figura 13). En un diagrama SiO_2 - K_2O

estas rocas de composición fundamentalmente intermedia caen en el campo de las andesitas con alto K y shoshoníticas (Gill, 1981). Sin embargo, los altos contenidos en álcalis y otros elementos mayores pueden ser debidos a la alteración y la movilidad de ciertos elementos, por lo que es necesario considerar a los elementos considerados inmóviles durante los procesos de alteración y/o metamorfismo. En el diagrama Nb/Y versus Zr/TiO₂ de Winchester y Floyd (1977) caen en el campo de los basaltos/andesitas y las muestras del Mb Loma 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 14), los basaltos andesíticos y andesitas calco-alcalinas presentan un fuerte enriquecimiento en elementos LILE (Cs, Rb, Ba, Pb, Sr), K, U y Th, junto a un empobrecimiento en HFSE (Nb, Ta, Zr, Ti, Y, Yb) y REE, en especial, HREE (entre 0,6-0,9 x N-MORB). Estas características geoquímicas y el perfil con una fuerte pendiente negativa se conservan y acentúan incluso en los términos ácidos de dacitas muy ricas en K de la Formación (HREE entre 1,0-2,2 x N-MORB). Numerosos estudios han demostrado que las rocas volcánicas emitidas en arcos magmáticos se caracterizan por un enriquecimiento en LILE y empobrecimiento en HFSE relativos a las LREE (Pearce y Norry, 1979; Wood, 1980; Briqueau et al., 1984; Tatsumi et al., 1986). Por lo tanto, valores altos en las relaciones LILE/LREE (Th/La=0,19-0,25; Ba/La=52-155) y bajos en las relaciones HFSE/LREE (Nb/La=0,16-0,38, Ti/Eu=1600-3200) en las rocas basálticas de la Fm Las Guajabas, comparados con los valores típicos para basaltos N-MORB (0,05; 2,5; 0,93 y 7451, respectivamente; Sun y MacDonough, 1989), sugiere que estas rocas fueron generadas por encima de una zona de subducción. Las rocas caen en el campo de basaltos de arco en los diagramas de discriminación tectonomagmática y presentan contenidos altos en Th y una anomalía negativa en Nb y Ta, particularmente en las rocas menos fraccionadas, característica de magmas de zonas de subducción.

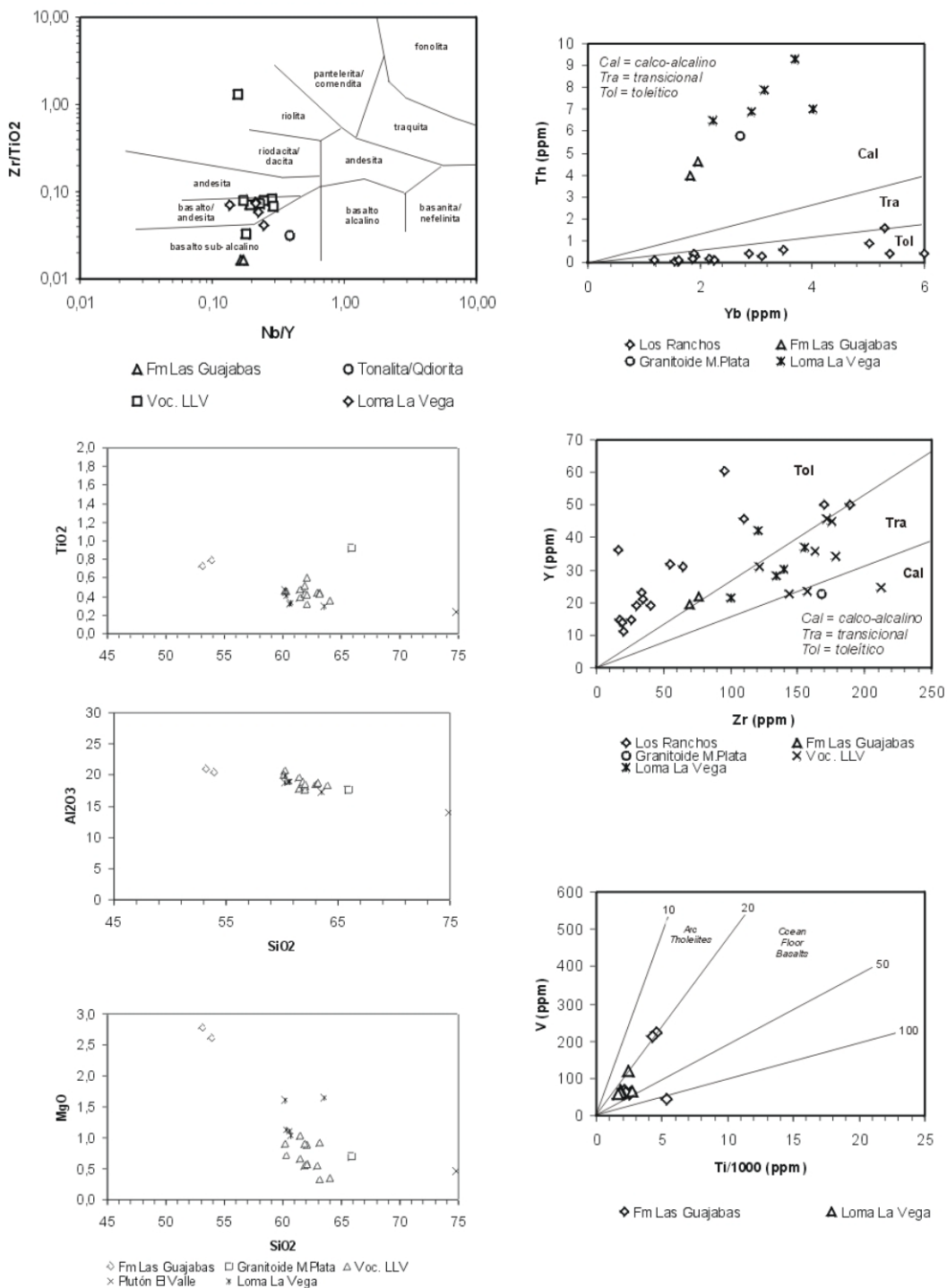


Figura 13 : Proyección de las rocas de la Fm Las Guajabas en los diagramas Nb/Y versus Zr/TiO₂ (Winchester y Floyd, 1977), Yb-Th y Zr-Y (Barrett y MacLean, 1999), Ti/1000-V de Shervais (1982), diagrama triangular Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980) y los diagramas binarios SiO₂ frente a TiO₂, Al₂O₃, MgO y K₂O. Notar las posición de las muestras del Mb Loma La Vega y de los granitoides del sector de Monte Plata en los distintos diagramas.

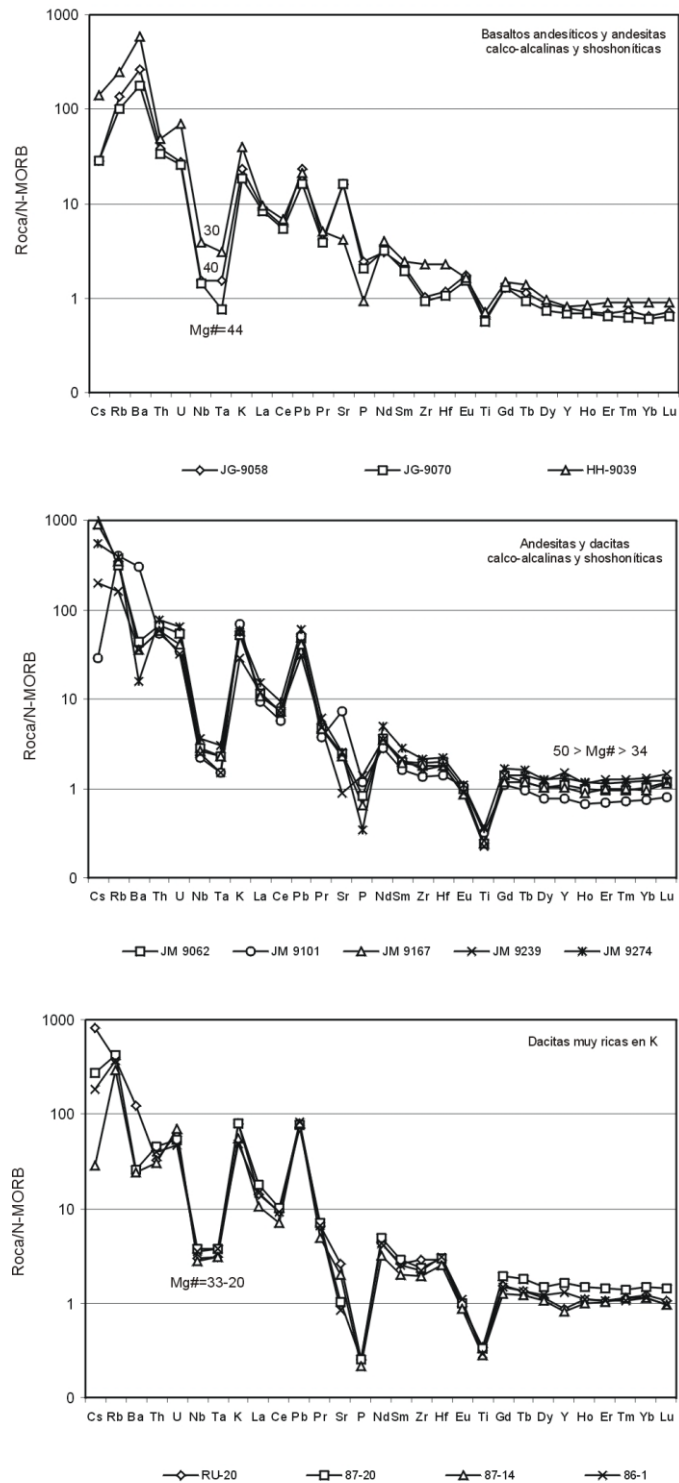


Figura 14 : Diagramas multielementales para las rocas de la Fm Las Guajabas y Mb Loma La Vega agrupados en basaltos andesíticos, andesitas y dacitas muy ricas en K. Mg# es el número de Mg.

Análogamente, en un diagrama extendido de REE normalizado respecto al manto primordial (Figura 15), 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.

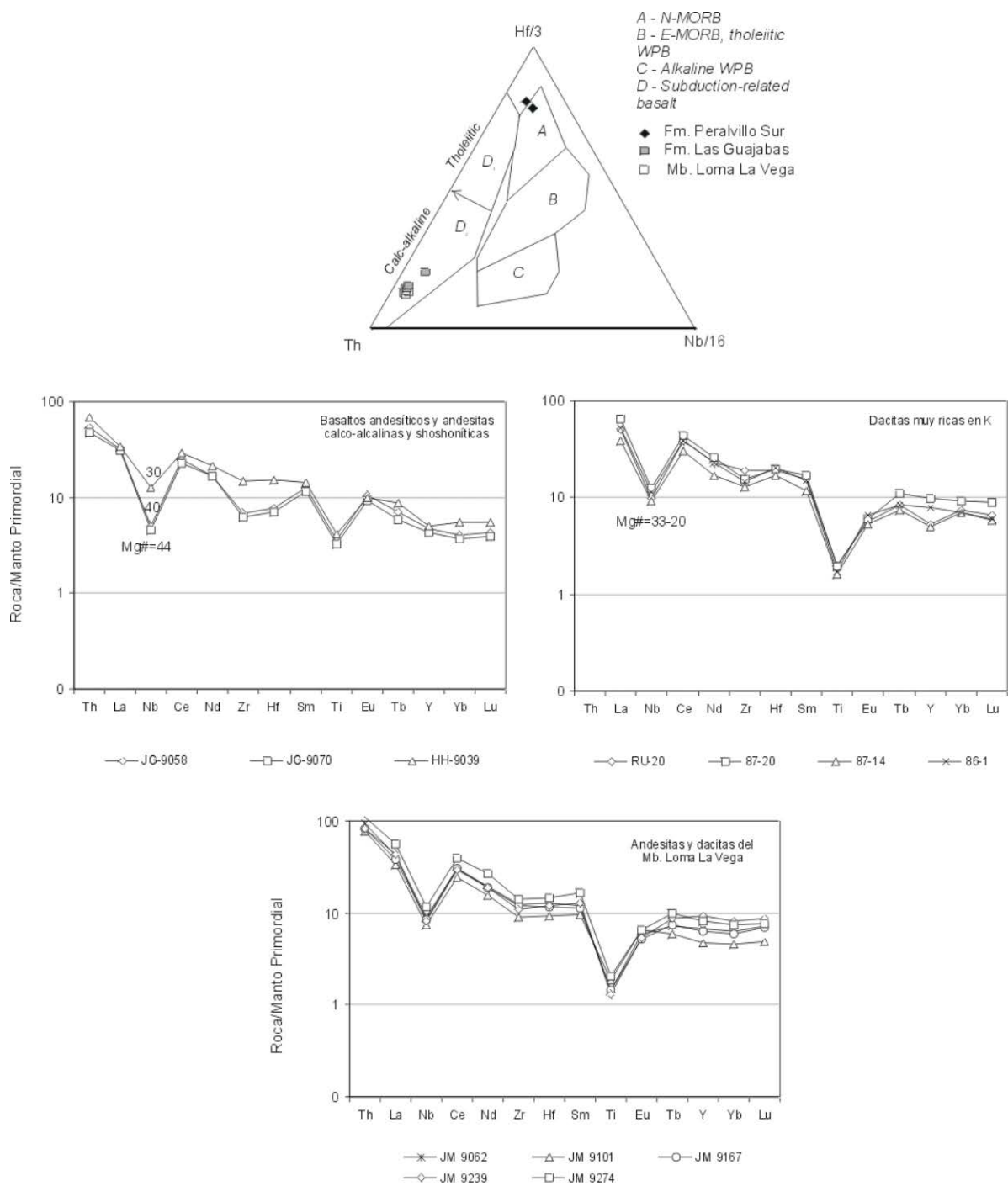


Figura 15 : Diagramas extendidos de REE para las rocas de la Fm LasGuajabas y Mb Loma La Vega agrupados en basaltos andesíticos, amdesitas y dacitas muy ricas en K. Mg# es el número de Mg.

3.6 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 16.

3.6.1 Descripción de las técnicas analíticas

3.6.1.1 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.

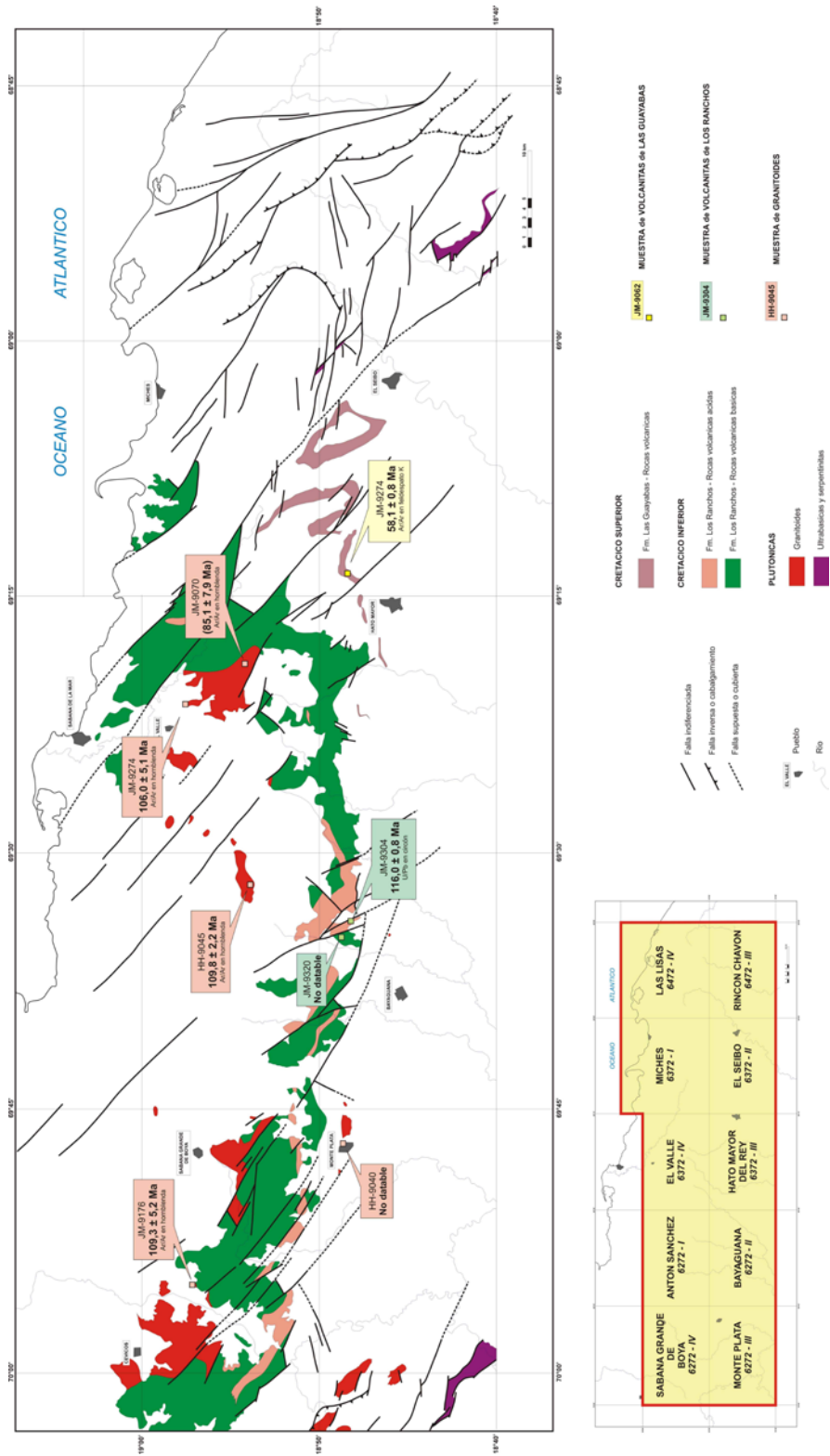


Figura 16 : Localización de los afloramientos muestreados para dataciones absolutas. Principales resultados. (Proyecto L-Este).

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.

3.6.1.2 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.*

3.6.2 Resultados y discusión

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

Muestra	Hoja 1:50 000		Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM - NAD 27		Formación Litología	Autores Laboratorio	Método	Datación
	Nombre	Numero	Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)				
JM-9176	Sabana Grande de Boya	6272-IV	18.95001	-69.91480	403 638	2 095 351	Intrusivo - Tonalita	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCIGR	Ar/Ar en homblienda	"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 homblienda	"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 homblienda	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 homblienda	"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 homblienda (1) Ar/Ar en homblienda (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 feldespatio potásico	"Plateau" Isocrona inversa 58,1 ± 0,8 Ma 59,0 ± 2,3 Ma

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

3.6.2.1 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 17). 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.

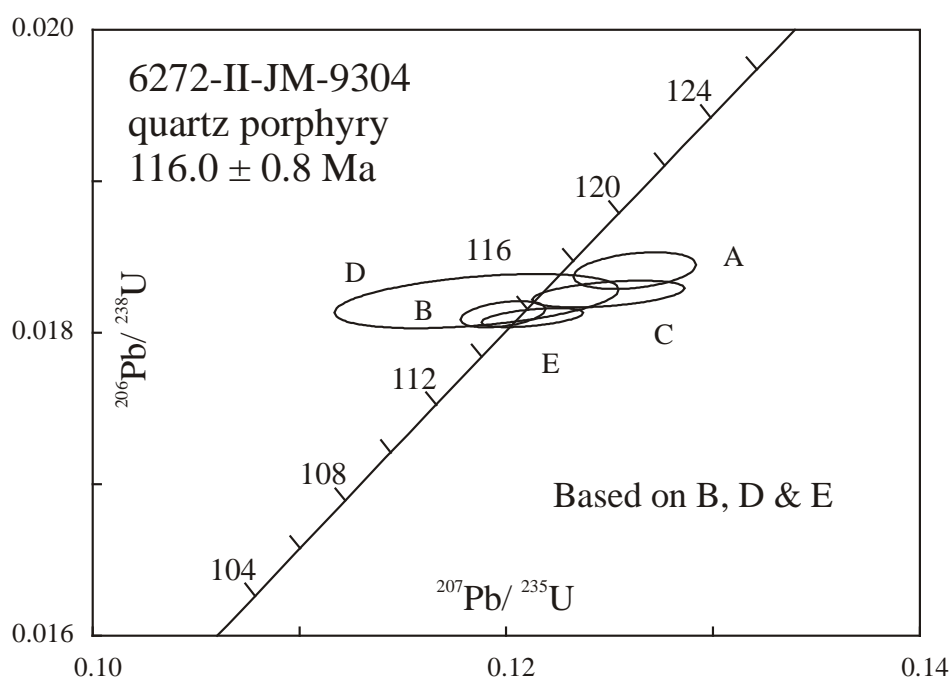


Figura 17 : Diagrama de concordia de la datación de la muestra JM-9304, realizada por el método U/Pb. (Hoja de Bayaguana - Proyecto-L-Este).

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

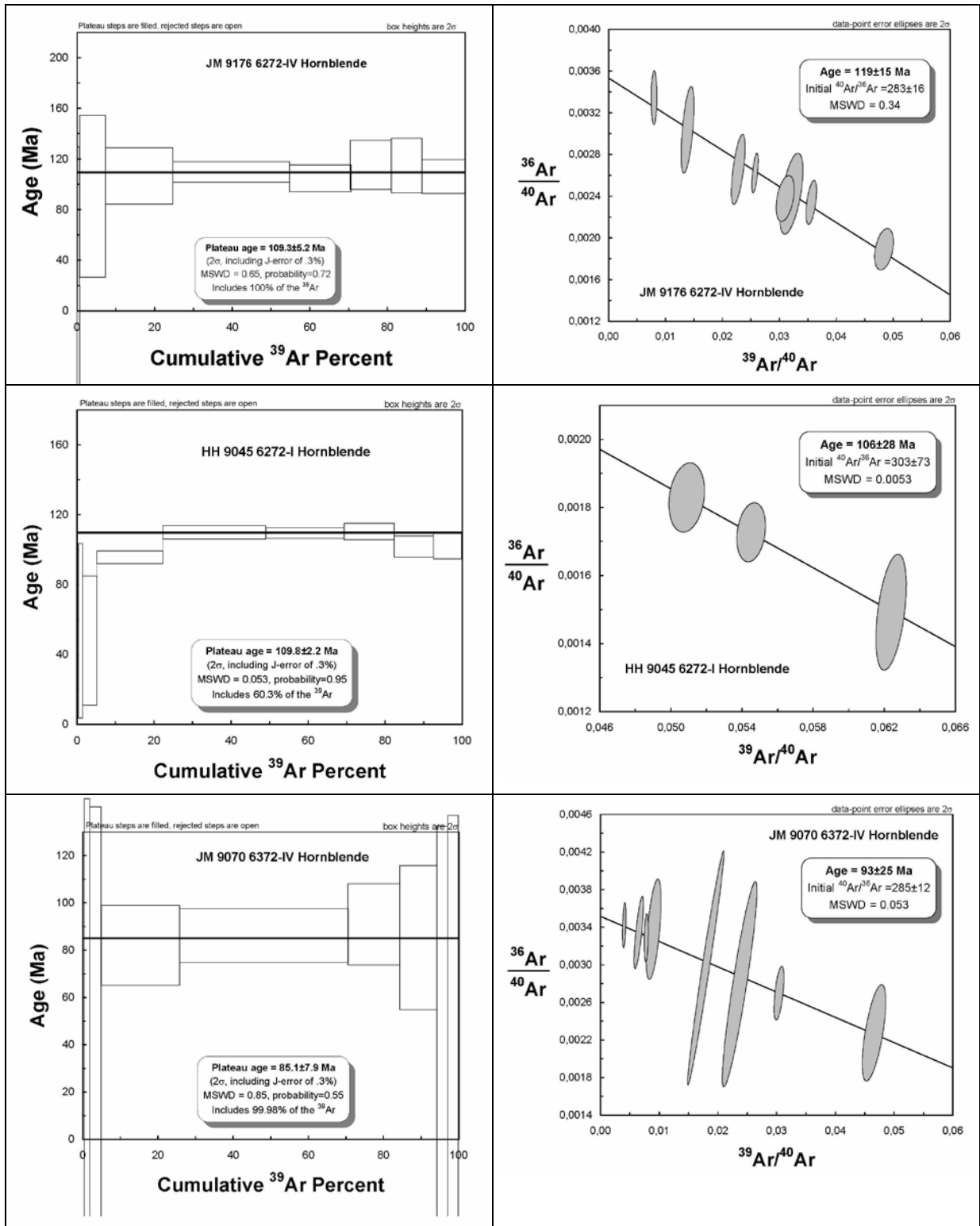
Los granitoides de composición tonalítica, intrusivos en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos, han sido muestreados en varios sectores de la Cordillera Oriental y datados por método Ar/Ar sobre hornblenda. :

- 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 18). 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.



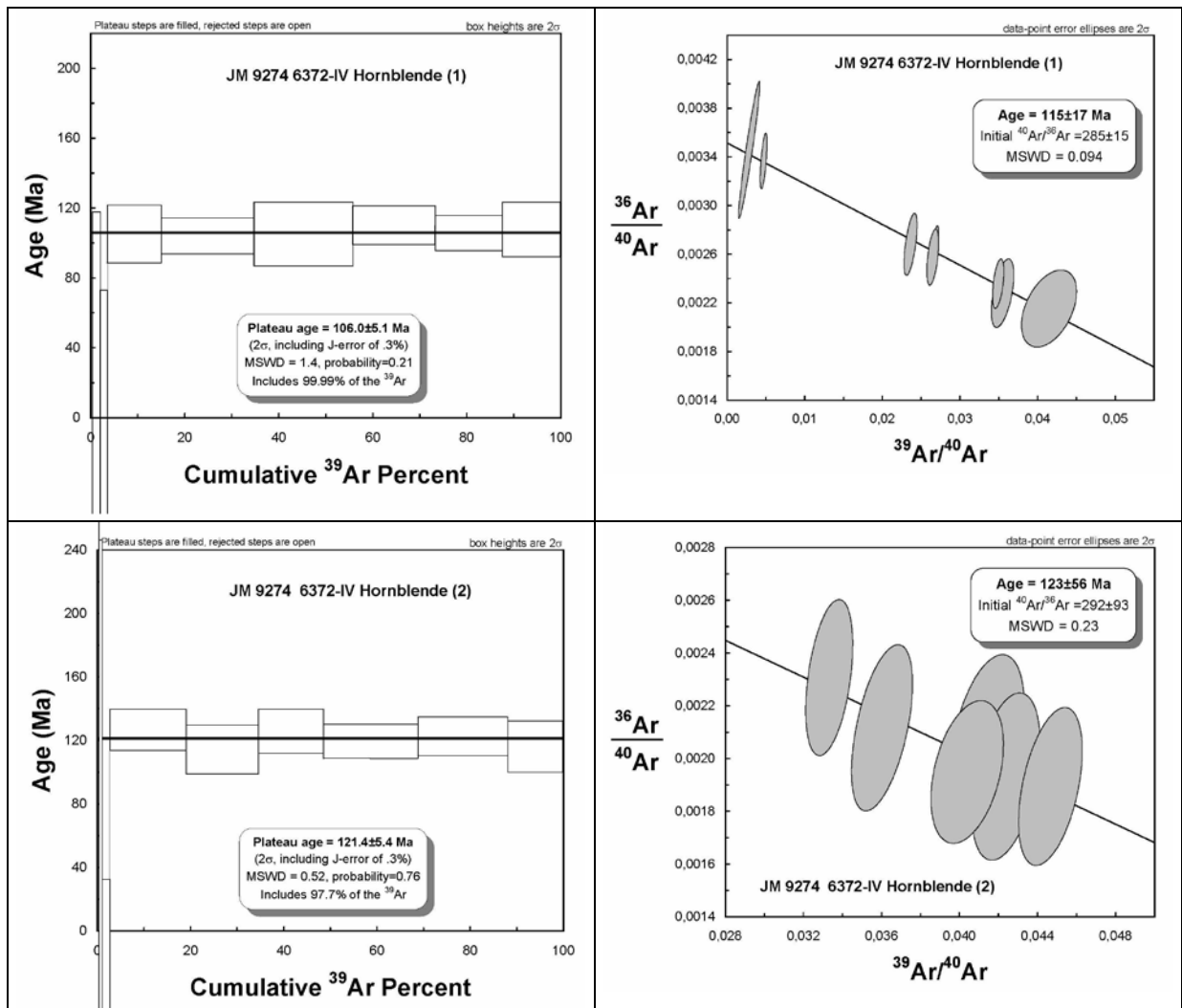


Figura 18 : Diagramas con las edades “plateau” y las isocronas realizadas por el método Ar/Ar de las muestras de granitoides (Proyecto L-Este).

3.6.2.3 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 19), 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.

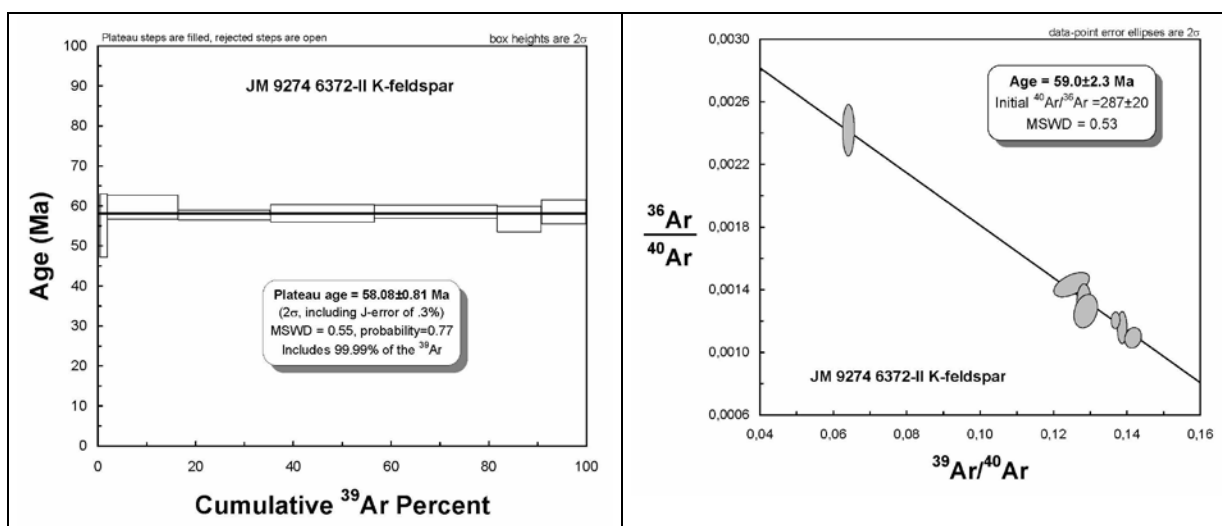


Figura 19 : Diagramas con la edad “plateau” y la isocrona realizadas por el método Ar/Ar de la muestra JM-9274 (Hoja de El Seibo - Proyecto L-Este).

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 20).

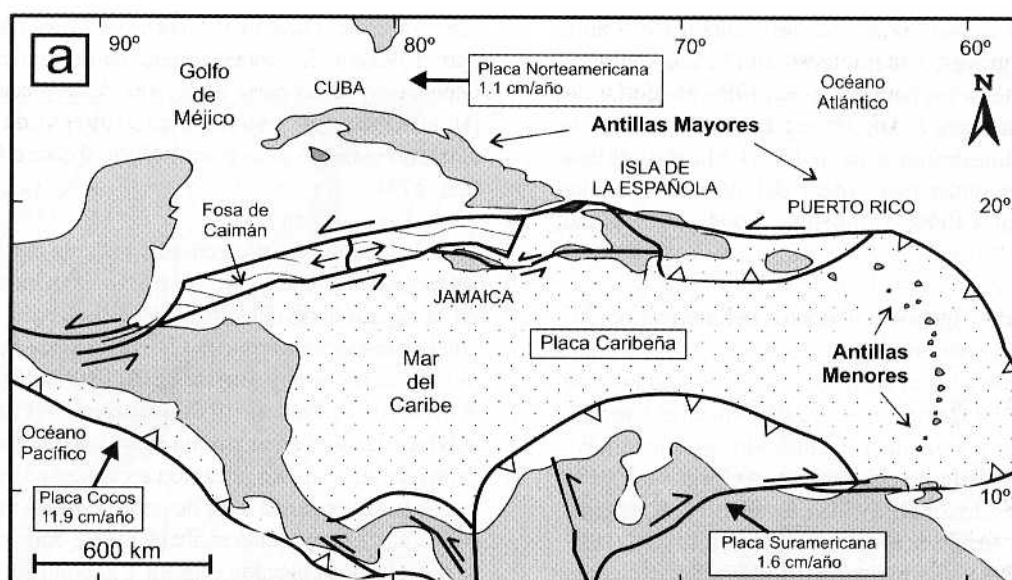


Figura 20 : Posición de la Placa Caribe. La Isla de La Española está situada sobre la zona activa de desgarre sinistral que separa las placas norteamericana y caribeña (Lewis J.F. et al., 2002)

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 21 y Figura 22).

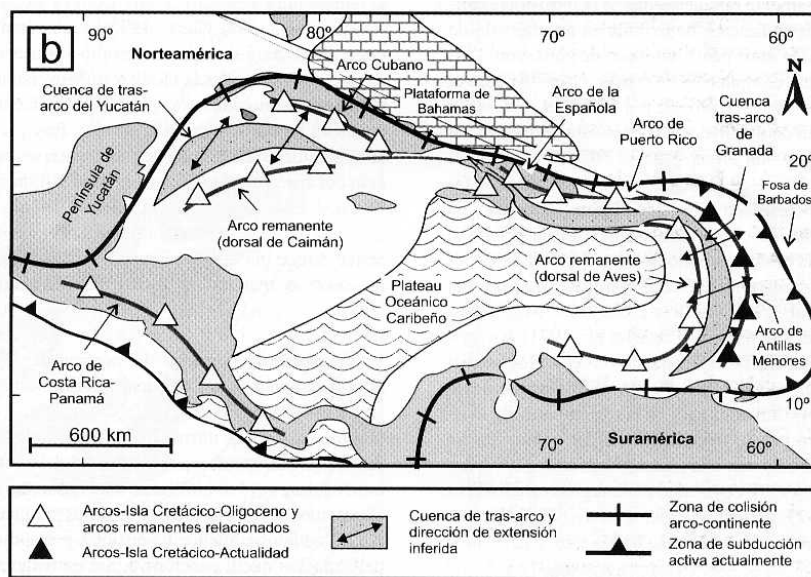


Figura 21 : Principales elementos tectónicos del sistema de arco- isla circum-caribeño de edad Cretácico Superior – Eoceno. (Lewis J.F. *et al.*, 2002)

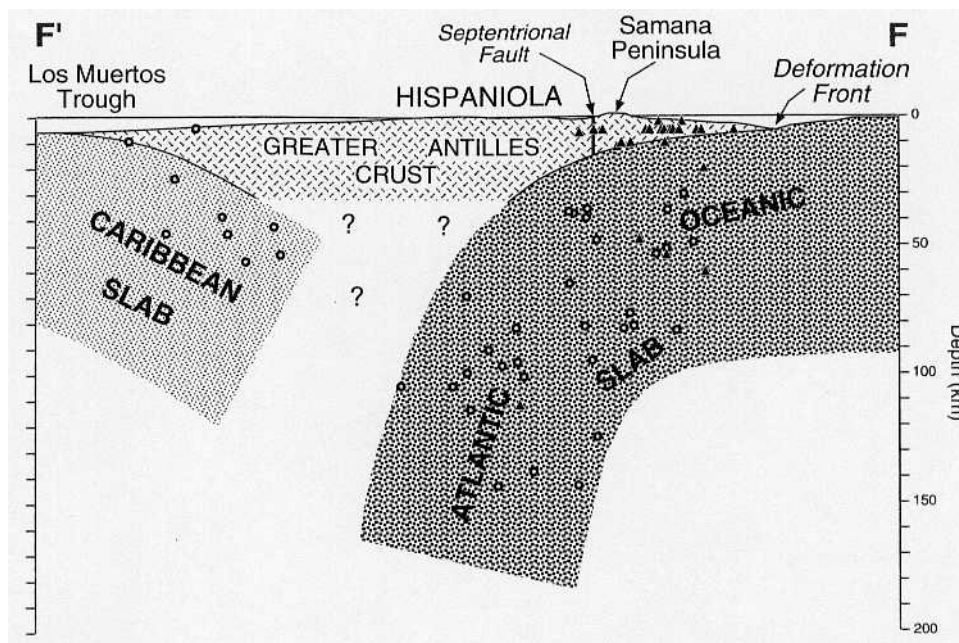


Figura 22 : Corte interpretativo que permite visualizar las relaciones entre La Isla de La Española y las placas Norteamericana y Caribeña (Dolan J.F. *et al.*, 1998)

En su configuración actual (Figura 23), 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.

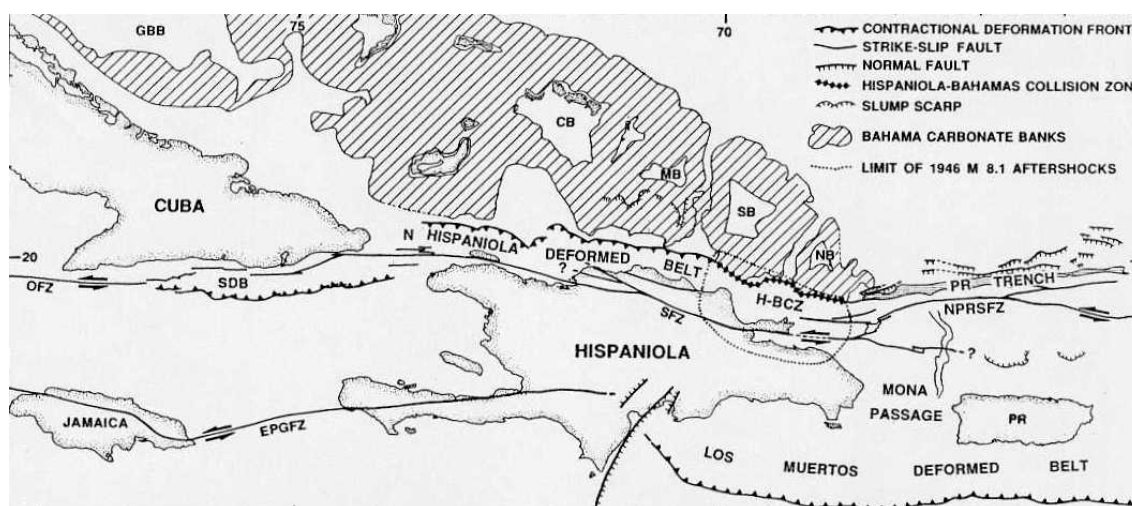


Figura 23 : Posición de La Isla de La Española y relación de los principales cizallamientos sinestros con la falla transformante Polochic/Caiman (Dolan J.F. et al, 1998)

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 24) 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.

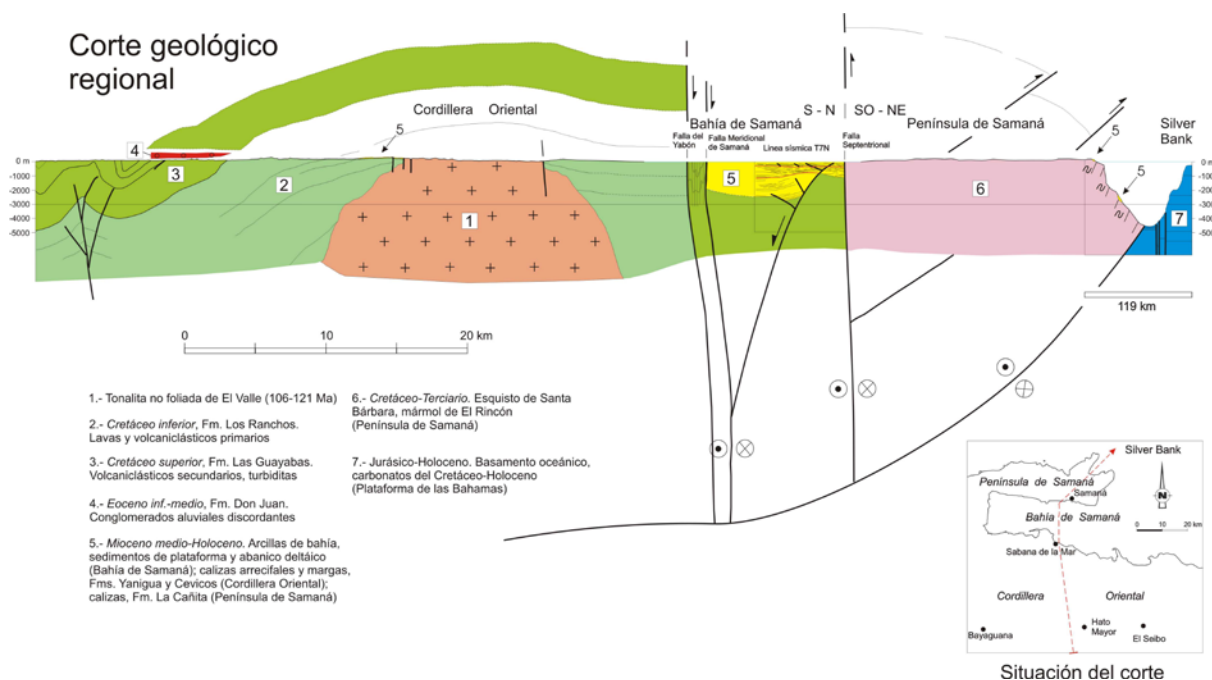


Figura 24 : Corte geológico regional entre la Cordillera Oriental Dominicana y la plataforma de las Bahamas. La interpretación de la línea sísmica T7N es de Edgar N.T. (1991), y se ha migrado usando los datos de velocidad del citado autor. El límite de placas marcado por focos de terremotos y la línea 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.

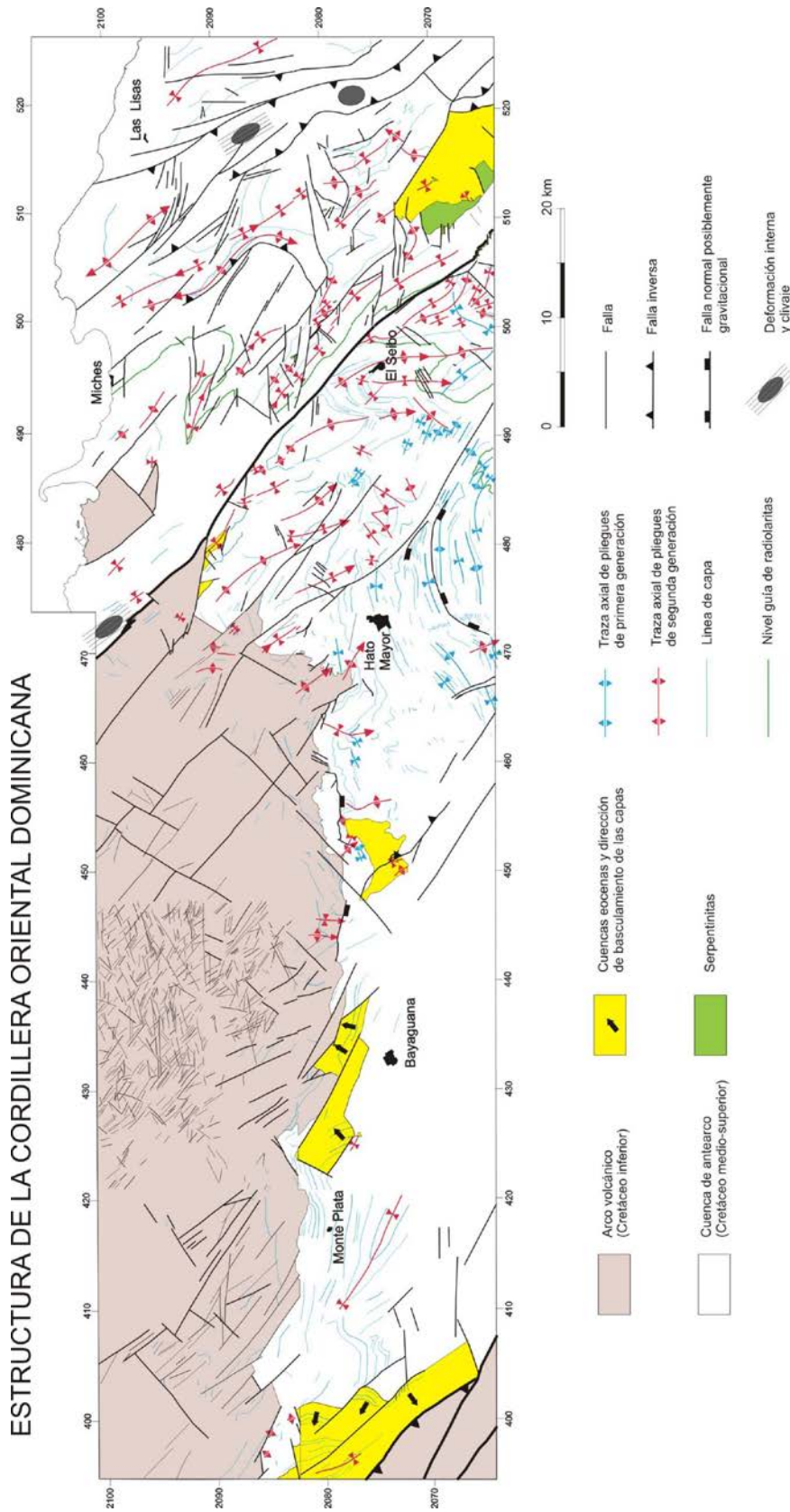


Figura 25 : Mapa tectónico de la Cordillera Oriental Dominicana con los principales elementos estructurales.

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 24, Figura 25). 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 25)

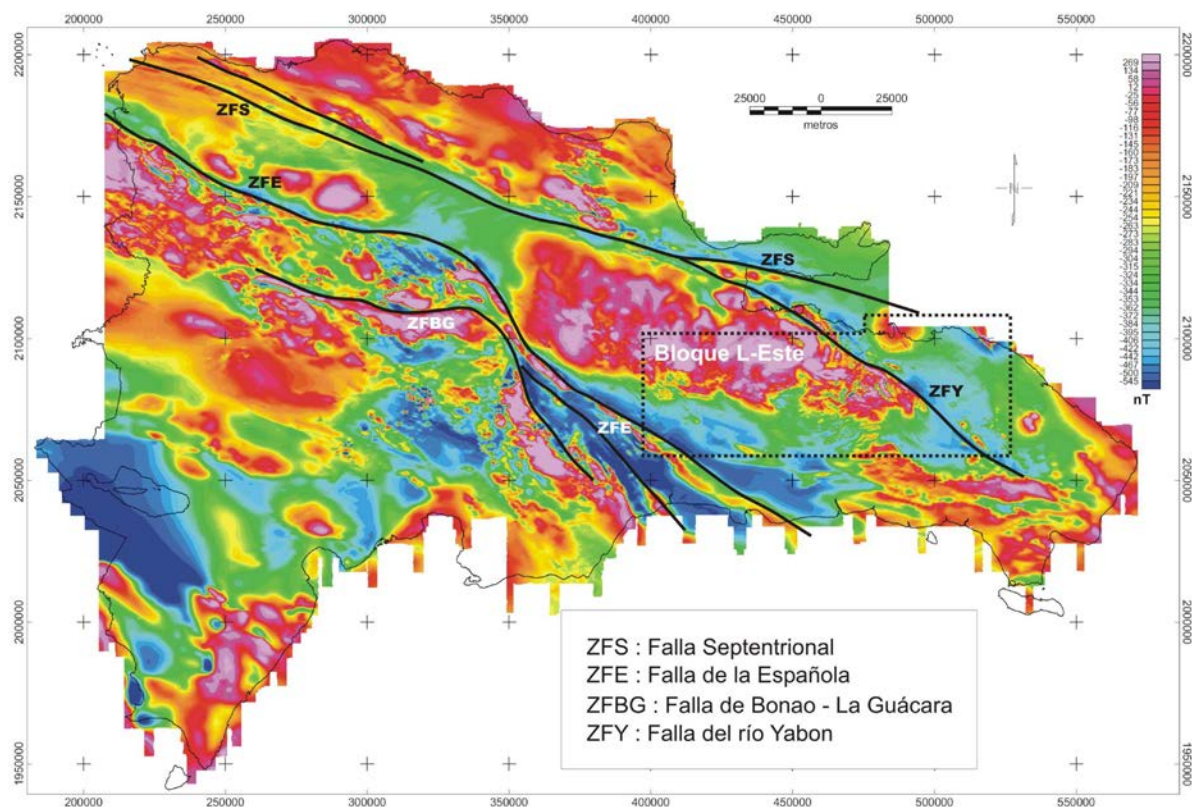


Figura 26 : Campo magnético total reducido al polo, localización del Bloque L-Este y de las principales zonas de falla de la República Dominicana.

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

26) 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 25). 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.

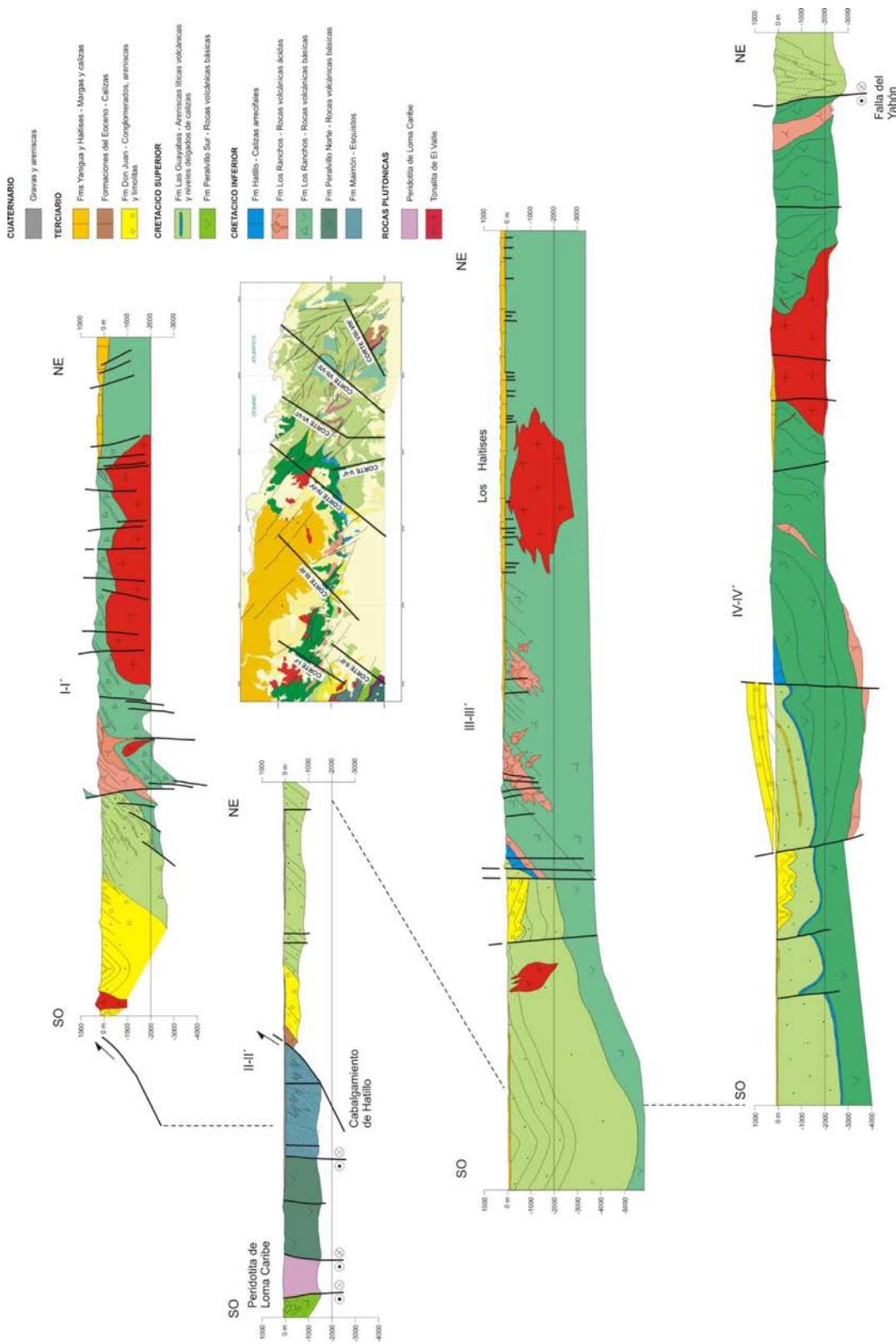
Dos generaciones de pliegues contractivos se superponen (Figura 25). La primera, con un patrón concéntrico, es groseramente paralela al contacto cartográfico de las formaciones los Ranchos y Las Guayabas. Entre las poblaciones de Hato Mayor y Las Lisas está doblada por pliegues NO-SE y N-S de segunda 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 24) 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 24). El perfil transversal de estas cuencas es de tipo semigraben, con estratos rotados hacia las fallas (Figura 27). 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).



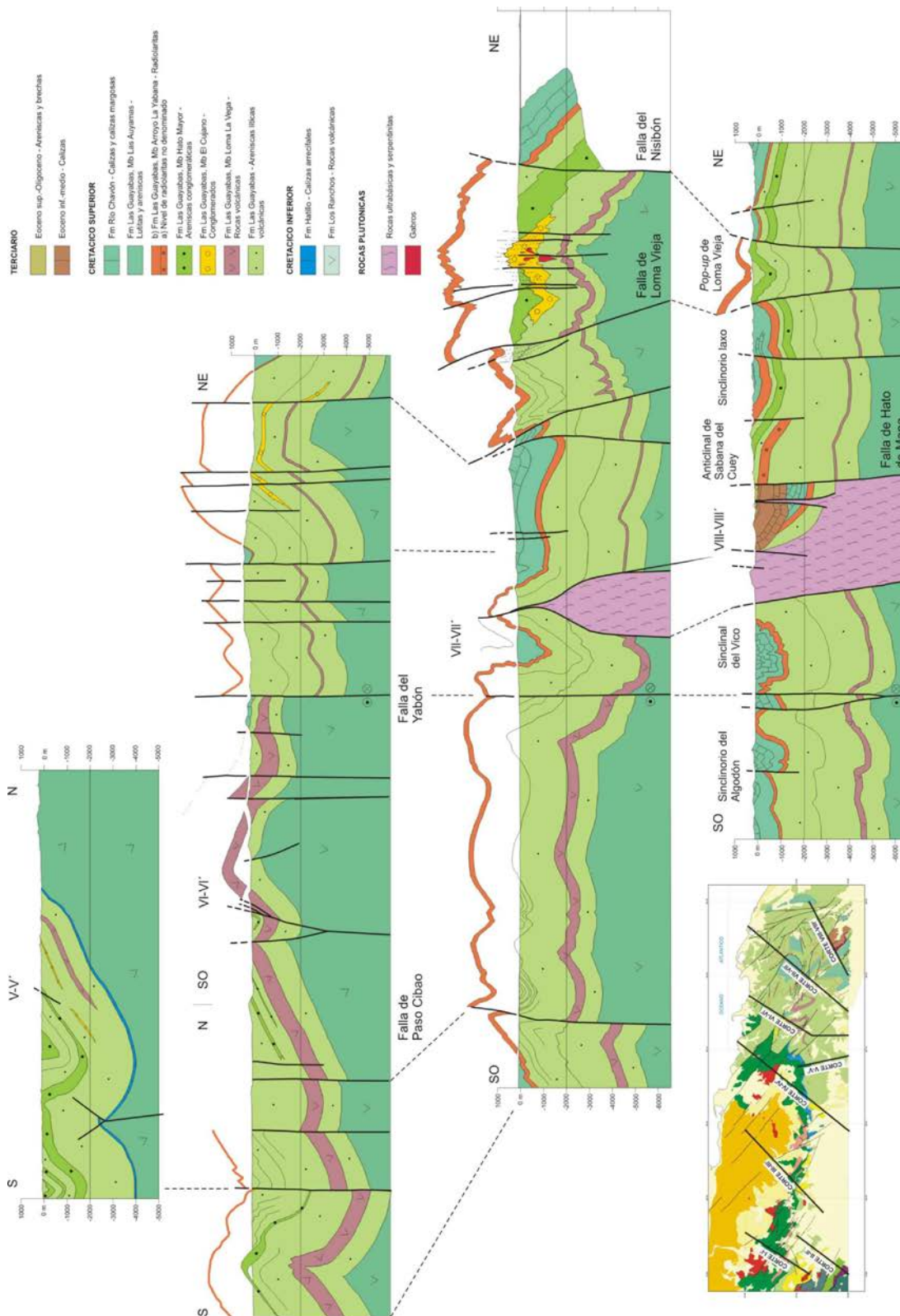


Figura 28 : Cortes geológicos seriados (V-V' a VIII-VIII') de la Cordillera Oriental Dominicana.

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 27, Figura 28). 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 25). 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 CARÁCTERISTICAS DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS Y UNIDADES TECTÓNICAS DE LA HOJA “EL VALLE”

Las principales estructuras y unidades tectónicas de la Hoja 1/50 000 El Valle, se distinguen en el esquema estructural de la Figura 29 y en las seccionnes de la Figura 30. Se trata principalmente de estructuras frágiles.

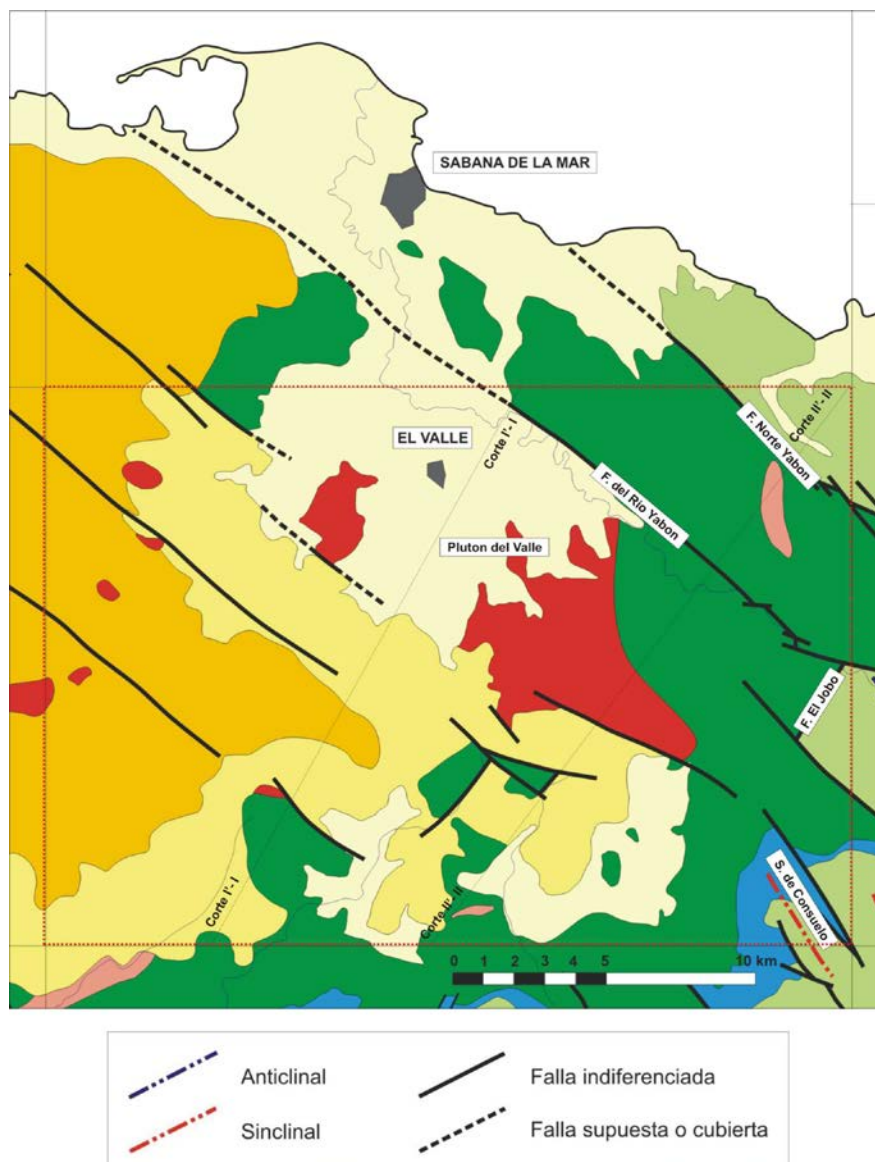


Figura 29 : Esquema estructural de la Hoja El Valle.



Figura 30 : Secciones geológicas de la Hoja de El Valle.

4.3.1 La “Falla del río Yabón”

La “**Falla del río Yabon**” es conocida regionalmente, está asociada a una fuerte anomalía aeromagnética y corresponde a un desgarre senestro, reactivado como falla normal en el Cuaternario. En la superficie de la Hoja El Valle, su trazado es particularmente nítido y visible para continuar por el curso del río Yabón.

Este accidente vertical está orientado N130°E, está desplazado por algunos desgarres menores senestros de dirección N100°E. El juego más reciente, y el más aparente, provoca la elevación del segmento NE. Esto se traduce en un escarpe rectilíneo de alrededor de una centena de metros, que domina el valle del río Yabón. Por otra parte, esta morfología tan particular y específica induce al trazado de este accidente, que no se observa “*in-situ*”. L. Bourdon (1985) precisa que a nivel del pueblo de Arenita, numerosas fracturas afectan las volcanitas de la Fm Los Ranchos y son al origen de cascadas a lo largo de los afluentes al norte del río Yabón. Los escarpes, así como la forma sigmoidea del trazado de estos numerosos afluentes reflejan un juego a la vez normal y de desgarre senestro.

4.3.2 La “Falla Norte-Yabón”

En el extremo del ángulo NE de la Hoja, la “**Falla Norte-Yabón**” corresponde sin duda alguna a un accidente tan importante como la “Falla del río Yabón”. Pone en contacto los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos con turbiditas greso-conglomeráticas de la Fm Las Guayabas.

Este accidente, sub-vertical y orientado N130°E, destaca por un profundo encajamiento en la topografía. Cerca de su contacto y en un espesor de varios kilómetros, los terrenos de la Fm Las Guayabas están profundamente deformados y metamorizados. Presentan una esquistosidad bien marcada al punto que las facies finas parecen clorito-sericito esquistos. Los planos de esquistosidad medidos en este pasillo de deformación, muestran una dirección media NNO-SSE, con buzamientos variables, pero dominantes hacia el SO (Figura 31). Es muy probable, según lo que se conoce de la Hoja Las Lisas, que esta esquistosidad sea de plano axial de los pliegues NNO-SSE. Estos pliegues estarían asociados al movimiento horizontal senestro de los principales desgarres que afectan la Cordillera Oriental.

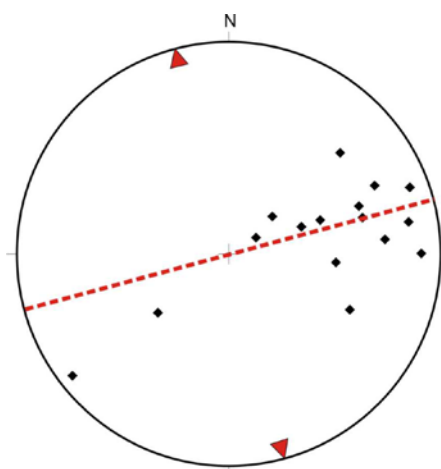


Figura 31 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de esquistosidad medidos en los terrenos de la Fm Las Guayabas del ángulo NE de la Hoja El Valle (17 medidas). Pueden repartirse en plano axial de un pliegue N165°E – vertical.

4.3.3 Los accidentes de dirección NNE-SSO

En la superficie de la Hoja El Valle, se han trazado algunas fracturas de dirección NNE-SSO. Las más significativas se localizan en el SE de la Hoja. Este es el caso de la **“Falla de El Jobo”** que, conjuntamente con las fracturas NO-SE, delimita un bloque hundido de terrenos de la Fm Las Guayabas.

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

Solamente se pudo medir la dirección y el buzamiento de la estratificación en un tercio de los afloramientos atribuidos a la Fm Los Ranchos, lo que corresponde, aproximadamente, a 80 medidas, repartidas con bastante regularidad sobre la totalidad de la superficie donde esta aflora.

Los polos de los planos de estratificaciones medidos en esta formación (Figura 32) presentan una fuerte dispersión. No obstante, aparece una repartición que sigue un gran círculo que presenta un polo de dirección N135°E con un buzamiento de 40° hacia el SE.

Este eje está conforme con lo que se ve a nivel de la Hoja; los terrenos de la Fm Los Ranchos parecen dibujar globalmente una estructura antiformal cuyo núcleo estaría ocupado por el macizo tonalítico de El Valle. Orientado E-O en toda la orla sur de la Hoja, la dirección de los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos se inclina hacia el Norte, y toma dirección N-S en toda la margen oriental de la Hoja.

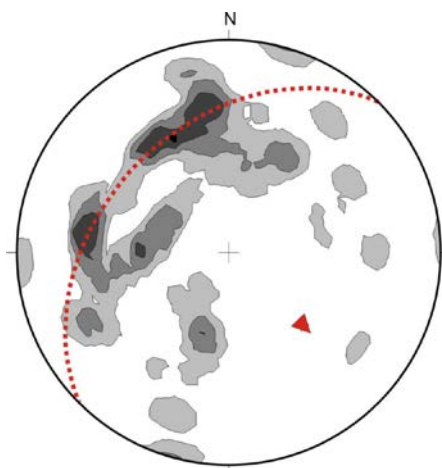


Figura 32 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de estratificación medidos en la Fm Los Ranchos a nivel de la Hoja El Valle (82 medidas). Se reparten globalmente siguiendo un gran círculo, que indica un eje N135°E – 40°SE.

4.3.5 La intrusión tonalítica de El Valle y las relaciones con su encajante

El batolito tonalítico de El Valle es intrusivo en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos y engendra, en los bordes, un metamorfismo de contacto de extensión reducida. Las volcanitas de la Fm Los Ranchos están afectadas en una banda de alguno ciento de metros. La roca está enteramente recristalizada. La textura es microgranuda, constituida por pequeñas laminas de plagioclasa, de anfíbol y de cuarzo intersticial. La plagioclasa está albitizada. El anfíbol es secundario, dispuesto en haces fibrosos de tipo actinolita. Es notable también la presencia de clorita, epidota y de una microfilita marrón de tipo biotita, de neoformación.

Los contactos del batolito con su encajante son muy verticales y visibles a favor de los relieves del borde este (sector de Pinita Arriba y Pinita Abajo) y sur-oeste (Loma de la Yagua) del macizo. Al pie de Loma de la Yagua, una pequeña cantera intermitente (Afl. JM-9314) permite ver el contacto. La tonalita se insinúa, por la aparición de fisuras y venillas en el seno de las volcanitas.

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

La traza de las fallas y fracturas que lo afectan no se observa en el terreno, pero se deduce del examen de las fotos aéreas y de la hoja topográfica. Es de resaltar que las principales diaclasas medidas en las tonalitas se reparten siguiendo las direcciones N130°E y N65°E.

4.3.6 Las deformaciones en los terrenos sedimentarios del Cretácico (formaciones Hatillo y Las Guayabas)

Los polos de los planos de estratificación medidos en los afloramientos de las formaciones Hatillo y Las Guayabas situados en el ángulo SE de la Hoja, se han representado en una proyección estereográfica (Figura 33). Estos polos se distribuyen en un gran círculo, prueba del carácter cilíndrico del plegamiento. Su eje está orientado N150°E, inclinado 18° hacia el SE.

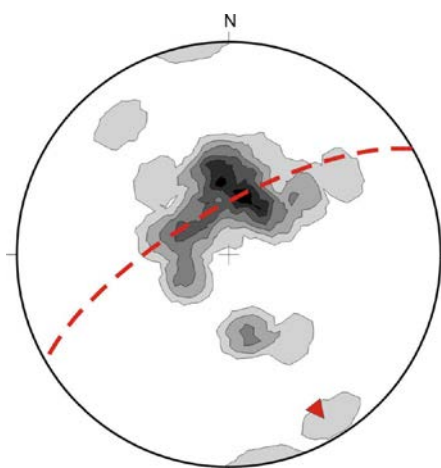


Figura 33 : Proyección estereográfica (Schmidt, hemisferio inferior) de los polos de planos de estratificación medidos en las formaciones Hatillo y Las Guayabas, ángulo SE de la Hoja El Valle (32 medidas). Se reparten globalmente siguiendo un gran círculo que indica un eje N150°E – 18°SE.

A nivel cartográfico, esta estructura tan definida corresponde a un sinclinal ensanchado, en forma de “teja romana”, cuyo núcleo está dislocado por numerosas fracturas direccionales de desgarre. Se le ha denominado “**Sinclinal de Consuelo**”.

Es interesante comparar el estereograma obtenido en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos (Figura 32), con el de la cobertura sedimentaria de las formaciones Hatillo y Las Guayabas (Figura 33). Se constata que la dirección de plegamiento es casi idéntica, NO-SE, pero que los buzamientos de los ejes difieren en alrededor de 20°. ¿ Hay que ver en esta significativa diferencia el hecho de la discordancia angular que separa la Fm Los Ranchos de su cobertura sedimentaria ? Esta cuestión parece bastante razonable.

4.3.7 Las deformaciones en la cobertura plio-pleistoceno de los Haitises

Las margo-calizas de Los Haitises constituyen una cobertura perfectamente tabular y discordante en el sustrato cretácico. La altitud de la superficie de base de esta formación es variable siguiendo los sectores, comprendida entre 100 y 250 m. Esto refleja la irregularidad de esta superficie antes del depósito de estos sedimentos, pero también el rejuego sin- y post-depósito, de las fracturas de dirección NO-SE que afectan la cobertura de Los Haitises. La morfología actual de la formación esta influenciada por esta dirección de fracturación.

4.3.8 Síntesis estructural de la Hoja El Valle

La naturaleza de los terrenos presentes en la superficie de la Hoja El Valle no es particularmente favorable para el estudio de los pliegues.

Los sedimentos Cretácicos de las formaciones Hatillo y Las Guayabas, y en menor medida, las volcánicas de la Fm Los Ranchos, muestran pliegues de dirección NO-SE (N135-150°E). La estructura principal es visible en el ángulo SE de la Hoja y corresponde a un sinclinal muy amplio cuyo núcleo está dislocado por fracturas direccionales.

La deformación frágil está mejor representada, en particular, debido a la presencia de la "Falla del río Yabón" que atraviesa la Hoja durante 15 km en su ángulo NE. Pero, sobre todo, es perceptible el juego tardío en falla normal de esta falla. En el extremo NE, la evidencia de la "Falla Norte-Yabón" constituye un dato nuevo, con la presencia de una importante esquistosidad que parece señalar el juego cizallante de este accidente. Pero todavía se trata de una hipótesis cuya confirmación necesitará estudios suplementarios detallados.

La cobertura tabular de Los Haitises, de edad plio-pleistoceno, está influenciada y registra los reajuegos distensivos de los accidentes de dirección NO-SE.

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 El Seibo (6372), 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 estructural; 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 Cordillera ha sido afectado por la creación y desnivelación de bloques, habiendo condicionado el encajamiento rectilíneo de algunos tramos de la red fluvial y el desarrollo de capturas; igualmente, en el sector suroccidental muestra un acusado plegamiento, marcado por los contrastes litológicos. Por el contrario, 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 cubiertas por extensos abanicos aluviales en el de la segunda.

5.1.1.1 Formas estructurales

Se encuentran diseminadas por todo el ámbito de la Hoja, encontrándose una mayor variedad en la zona montañosa, si bien es fuera de ella 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 ámbito de la Cordillera y de su límite con la Llanura Costera de Miches, así como en la orientación de las formas de disolución kárstica y de diversos segmentos de la red fluvial. *Las fallas con expresión morfológica* se agrupan principalmente en torno a la familia de dirección NO-SE, que condiciona la orientación de las elevaciones menores y de los valles de la Cordillera y que también adquiriere una densidad notable en Los Haitises. Corresponden a fallas *normales* y *desgarres* cuya longitud puede superar 10 km. Mención aparte merece la falla de Yabón, falla de desgarre (o de salto en dirección) senestra que atraviesa la Hoja de NO-SE, acompañada por un gran número de expresiones morfológicas (facetas triangulares de escarpe de falla, cambios bruscos de pendiente, grandes valles, salto en las superficies de erosión, red de drenaje con pendientes anómalas por exceso...). 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, entre ellos: *escarpes de falla*, frecuentemente *degradados*; y *facetas triangulares de escarpe de falla*, de entre las que destacan las asociadas a la falla de Yabón, entre esta localidad y El Valle

Las formas producidas a favor de capas horizontales tienen su principal representación en la región de Los Haitises; en relación con sus intercalaciones calcáreas aparecen *escarpes*, que en el caso de Loma Caballo posee un desnivel superior a 100 m, y *superficies estructurales*, generalmente *con retoques erosivos* y *degradadas*, siendo la más destacada de ellas la integrada por los restos del techo de las calizas de Los Haitises.

5.1.2 Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Cordillera Oriental, la plataforma carbonatada de Los Haitises y las llanuras costeras del Caribe y Miches tiene como resultado una expresión sensiblemente diferente. Así, el modelado de la Cordillera es el producto de una larga evolución presidida por los procesos ígneos,

sedimentarios 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 al modelado de dichos relieves, destacando los de carácter *fluvial* y *poligénico*.

En el caso de Los Haitises, 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 agente principal.

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

5.1.2.1 Formas 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. Se han reconocido coluviones, deslizamientos y cambios bruscos de pendiente.

Aunque distribuidas irregularmente, las más extendidas son los *coluviones*, formados como consecuencia del desequilibrio provocado en las laderas por la erosión fluvial; los más extensos se localizan en el sector suroccidental.

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 una buena parte de la superficie de la Llanura Costera del Caribe, del Piedemonte de la Cordillera Oriental y de la Llanura Costera de Miches y Sabana de la Mar, así como de algunos valles intramontañosos. Destaca la extensión de los distintos tipos de abanicos aluviales, ya que pese a la envergadura de varios ríos de la zona, ninguno tiene una excesiva variedad de depósitos, pudiendo

destacarse el valle del río Soco, en el que junto al fondo de valle se han reconocido varios niveles de terrazas.

Los *fondos de valle* son el principal testimonio de la actividad sedimentaria más relevante de la red fluvial actual. En general se trata de formas estrechas, especialmente en el ámbito de la sierra, coincidentes con el canal de estiaje. Los más destacados se localizan en la vertiente meridional, adquiriendo su mayor desarrollo al salir de la zona montañosa. Tan sólo en el caso de un pequeño número de cursos se ha reconocido una pequeña *llanura de inundación*.

Mayor desarrollo alcanzan las *terrazas*, cuyos representantes también aparecen asociados a los principales cursos, destacando por su extensión los sistemas de los ríos Casuí, Yabón, Amaná y Soco. En ningún caso se han reconocido escalonamientos de más de tres sistemas encajados: los inferiores, con cotas menores de +20 m sobre el cauce actual, se han considerado de modo informal terrazas bajas; el superior, por encima de +20 m, se ha considerado como una terraza media. Probablemente, la ausencia de niveles superiores en la vertiente meridional, 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 septentrional, 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 tres sistemas principales. Su depósito se produce en la confluencia de ríos y arroyos con valles de mayor entidad, en los cuales la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose; cuando los ápices se encuentran próximos entre sí, se produce coalescencia. Alcanzan longitudes de hasta 9 km con respecto al ápice, como en la depresión de El Valle, sensiblemente inferiores en cualquier caso a las de los abanicos de baja pendiente, probablemente como consecuencia de la menor densidad de carga en el caso de estos últimos.

Se ha incluido en el *sistema más antiguo* un pequeño retazo de la depresión de El Valle que aparece colgado con respecto a los restantes, sin que se tenga una total certeza sobre su sincronía con el de la zona de El Seibo.

El *sistema intermedio* engloba probablemente diversas generaciones imposibles de correlacionar debido a la desconexión de la mayoría de los abanicos, 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 meridional y los de las depresiones de El Valle y Sabana de Barriolo. Por su parte, el *sistema más moderno* agrupa los dispositivos potencialmente funcionales como se deduce de su mínimo retoque erosivo; sus ejemplares se encuentran ampliamente distribuidos.

Entre las formas erosivas se han reconocido: formas de *incisión lineal*, ampliamente representadas por toda la zona, si bien sus efectos más notorios se producen en el dominio montañoso, donde ha dado lugar a: *gargantas* y *cañones*; *cambios bruscos de pendiente* con intermitentes *saltos de agua*; *rápidos* y *cascadas*; *aristas*, que poseen una notable representación en la sierra; *divisorias montañosas*, siendo la más evidente la que separa las vertientes atlántica y caribeña en el sector oriental, ya que en el sector occidental la divisoria original ha sido sobrepasada debido a la eficaz acción de la erosión remontante; *divisorias montañosas redondeadas*, mínimamente representadas en los asomos tonalíticos del sector occidental; *escarpes*, considerados de forma genérica.

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 periferia la red posee continuidad (pese a las frecuentes pérdidas de drenaje), especialmente al atravesar los afloramientos de la Fm Yanigua. Poseen carácter consecuente, con frecuentes saltos de agua, debido a los escalonamientos producidos por los resaltes carbonatados de dicha formación. La geometría de este sector es de tipo dendrítico a escala local, mostrando un patrón de tipo radial al ser observada en conjunto.

La geometría y el carácter de la red están fuertemente condicionados por la litología y la estructura al atravesar la Cordillera Oriental, 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. Excepción hecha del río Yabón, cuya geometría está directamente por la falla del mismo nombre, el carácter de los ríos principales es de tipo consecuente, con un abundante cortejo de afluentes de tipo subsecuente, adaptados a las diversas orientaciones de la fracturación. Predominan las geometrías 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 lacustres y endorreicas

Mucho menor interés poseen las pequeñas lagunas asociadas a los depósitos de descalcificación de la región de Los Haitises, de dimensiones de orden deca a hectométrico.

5.1.2.4 Formas eólicas

Aparecen representadas exclusivamente por el manto eólico del sector de Cocoloco. Se trata de una acumulación arenosa informe de varios kilómetros cuadrados, colonizada por cocos. No debe descartarse que se trate de un cordón litoral degradado, como parece deducirse en la vecina Hoja de Las Lisas.

5.1.2.5 Formas marinas-litorales

La *plataforma de abrasión degradada* de La Herradura es una de las formas más características de la Hoja, evidenciándose de forma nítida su carácter superficial al ser divisada a cierta distancia. En conjunto muestra un descenso altimétrico entre el sector oriental (600 m) y el occidental (230 m); otro tanto puede decirse al pasar al bloque suroccidental de la falla de Yabón, donde la superficie llega a descender a menos de 150 m. La evolución paleogeográfica propuesta para la Cordillera Oriental durante el Plioceno, a modo de plataforma carbonatada en la que sólo emergerían algunas islas, a modo de archipiélago, hace muy probable la intervención marina en la formación de la superficie. Posteriormente, su degradación se ha visto favorecida por la intensa alteración sufrida, probablemente según el modelo de “medias naranjas” y el consiguiente “lavado” diferencial.

5.1.2.6 Formas por meteorización química

Se trata de otro grupo de formas ampliamente representadas, tanto por el desarrollo de los procesos kársticos como por la extensión que los efectos de la alteración han alcanzado en el 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 la 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.

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*. En un estado evolutivo algo más maduro se han desarrollado *áreas con dolinas y hums* en proporciones similares.

La karstificación no se ha desarrollado únicamente en el ámbito de Los Haitises, sino que ha afectado a diversos conjuntos carbonatados, como es el caso de los *campos de lapiacas* desarrollados sobre las calizas de la formaciones Hatillo.

En cuanto a los 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. Sin duda, el producto más extendido por toda la región son las *argilizaciones*, cuyo resultado son las arcillas rojas de carácter laterítico típicas de la meteorización en ambientes tropicales; afectan a un amplio espectro de sustratos, desde los materiales volcánicos-sedimentarios cretácicos hasta las terrazas y abanicos aluviales cuaternarios, pero sin duda alcanzan su máxima expresión en la superficie de La Herradura. Aunque es frecuente en la región el desarrollo de *ferruginizaciones* a techo de la alteración laterítica, en el ámbito de la Hoja tan sólo se ha reconocido en relación con la alteración del abanico aluvial de baja pendiente del sector suroccidental, donde dan lugar a un ligero resalte morfológico pese a su reducido espesor.

La alteración de los cuerpos intrusivos se efectúa principalmente mediante procesos de *arenización*, que dan lugar a mantos de espesor muy variable y que han adquirido un gran desarrollo en relación con el plutón del El Valle. En función del diaclasamiento de la roca, así como de su composición y textura, la meteorización de este tipo de cuerpos da lugar a un relieve en *bolos*, como puede apreciarse en el macizo de La Yagua.

5.1.2.7 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. No son muy abundantes en el ámbito de la sierra, ya que allí la velocidad de los procesos erosivos da lugar a una conservación efímera de las formas; sin embargo, muestran un notable desarrollo en el Piedemonte de la Cordillera Oriental.

Destacan los restos de *superficies de erosión degradadas* del piedemonte, con cotas cercanas a los 100 m, cuya génesis probablemente esté relacionada con la de la superficie de La Herradura, si bien no debe descartarse la posible acción de agentes fluviales, por lo que se han encuadrado en las formas poligénicas. Los principales *escarpes* se encuentran en el borde de la superficie de La Herradura, con desniveles de hasta 400 m. En el sector oriental de la sierra se encuentran los *picos principales* más relevantes, de elevación moderada en cualquier caso. Por lo que respecta a los *cerros cónicos*, resultado de procesos de erosión selectiva, son muy escasos.

5.2 EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

Si bien la morfología de la zona está influenciada por los procesos acaecidos a lo largo de la historia de la Cordillera Oriental, su fisonomía actual empieza a perfilarse a comienzos del Cuaternario, cuando la Cordillera poseía una envergadura inferior a la actual, estando flanqueada al Norte y al Sur por las plataformas carbonatadas arrecifales que llegarían a convertirse 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.

Los complejos arrecifales migrarían paulatinamente hacia el Norte a medida que se producía el progresivo ascenso de la sierra, especialmente acusado en el caso de la superficie de La Herradura, pese a que resulta difícil determinar si corresponde a una de las superficies correlativas citadas o si corresponde a la erosión previa de un macizo emergido. En el ámbito de la sierra, la red de drenaje 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; posiblemente, con anterioridad a la jerarquización de la red, ya habría dado comienzo un activo funcionamiento de lateritizaciones y arenizaciones.

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 desencadenaría el desarrollo de extensos sistemas aluviales de baja pendiente que tapizarían las llanuras costeras y que configurarían la superficie de la que arrancarían la incisión actual.

A partir de este momento, la evolución general del relieve ha estado presidida por el comportamiento de la red de drenaje, con fuertes encajamientos en la zona montañosa, pero moderados en la llanura por su pequeño desnivel con respecto al mar; de forma mucho más localizada, no debe olvidarse la influencia que ha tenido la actividad de la falla de Yabón, al menos desde la elaboración de la superficie de La Herradura. En la sierra, el encajamiento ha sido simultáneo con: la continuación de la argilización de los materiales volcánicos y sedimentarios y la arenización de los cuerpos intrusivos; el retroceso de las vertientes mediante el desarrollo de coluvionamientos y de movimientos en masa; y con los 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, en el caso de la meridional, ha desbordado la divisoria original de la sierra, que ha llegado a capturar numerosos drenajes superficiales

previamente atlánticos. Dentro de la planicie, la incisión ha sido moderada, dando lugar a una red de tipo consecuente suavemente encajada que ha producido un pobre sistema de terrazas en el caso de los ríos Soco, Amaná, Casuí y Yabón.

Como principales motores en la futura evolución de la red, deben tenerse en cuenta: la influencia de las fallas relacionadas con la elevación general de las sierras, al menos desde el Plioceno; las posibles modificaciones del nivel de base; el retroceso de las vertientes; la tendencia a la colmatación de las lagunas costeras; la erosión remontante y las posibles capturas derivadas de ella; los retoques producidos en las zonas montañosas por los fenómenos kársticos; y la actividad gravitacional de las vertientes.

6 HISTORIA GEOLÓGICA

Las rocas de la Cordillera Oriental Dominicana registran 130 Ma de evolución de las Grandes Antillas, desde su inicio como un arco de islas intraoceánico hasta la colisión oblicua con la placa de Norteamérica y traslación a lo largo de fallas transformantes paralelas al límite de placas (Figura 34).

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

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

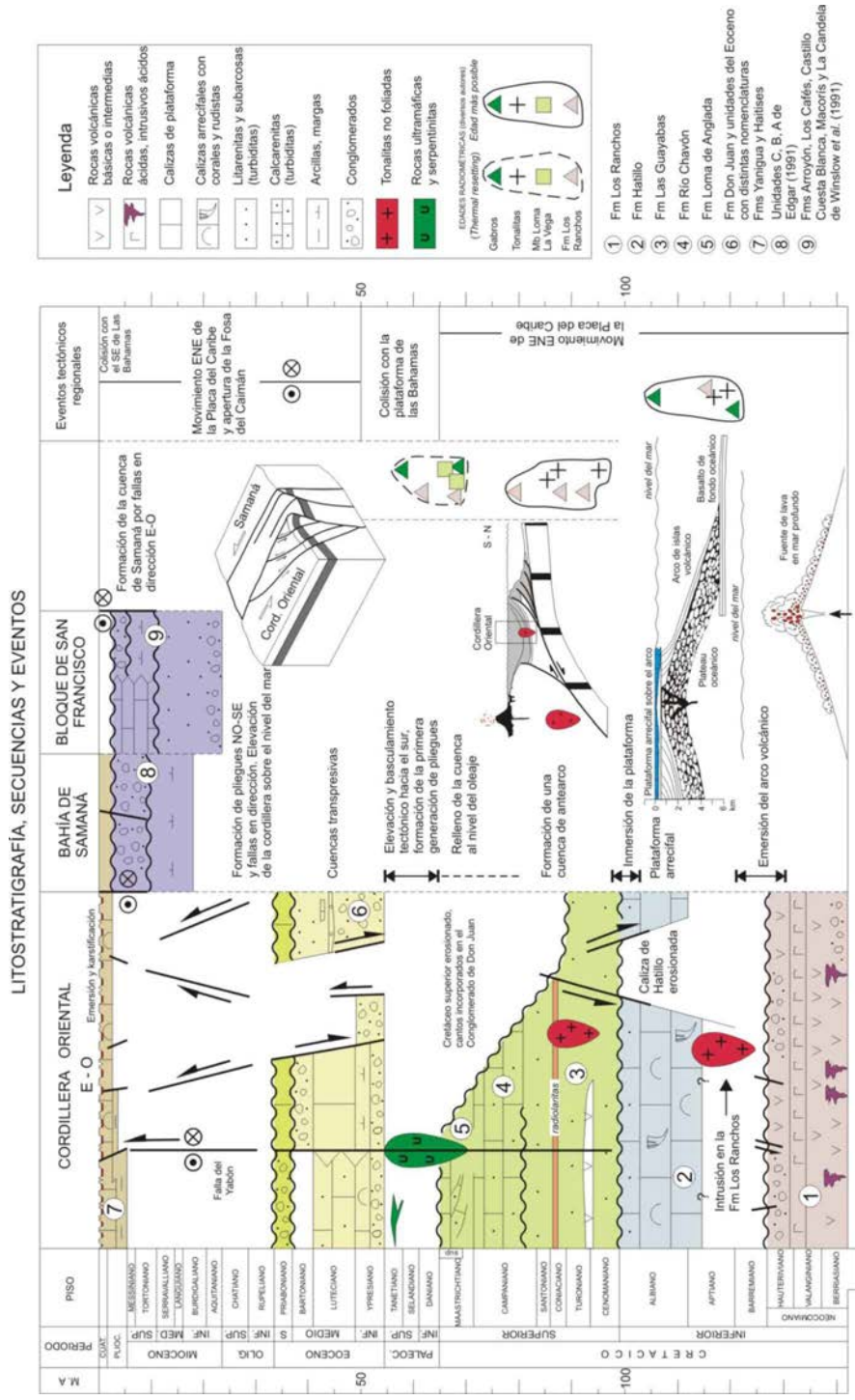


Figura 34 : Diagrama cronostratigráfico que muestra la litología, secuencias deposicionales y los eventos tectónicos registrados en los sedimentos de la Cordillera Oriental. Los datos de la Bahía de Samaná son de Edgar (1991) y los datos del Bloque de San Francisco de Winslow et al. (1991). Las edades radiométricas se han tomado de Bourdon (1985); Kesler et al., 1991; Bellon et al., 1985).

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

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

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

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

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

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

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

7 GEOLOGÍA ECONÓMICA

7.1 HIDROGEOLOGÍA

7.1.1 Datos climáticos

No se dispone de datos climáticos específicos en la zona de El Valle. Sin embargo, las condiciones climáticas son comparables a las registradas en Sabana de la Mar (Figura 35). La pluviometría media anual sería de 2100 mm/año, con un periodo muy lluvioso de Mayo a Noviembre. La temperatura media alcanza los 30°C de día, y los 20°C en la noche, con variaciones medias mensuales comprendidas entre 24°C y 27°C. La región se beneficia de un clima tropical templado por los alisios, con una pluviometría superior a la media nacional, por la proximidad del mar y de relieves con tendencia a atraer y retener las nubes.

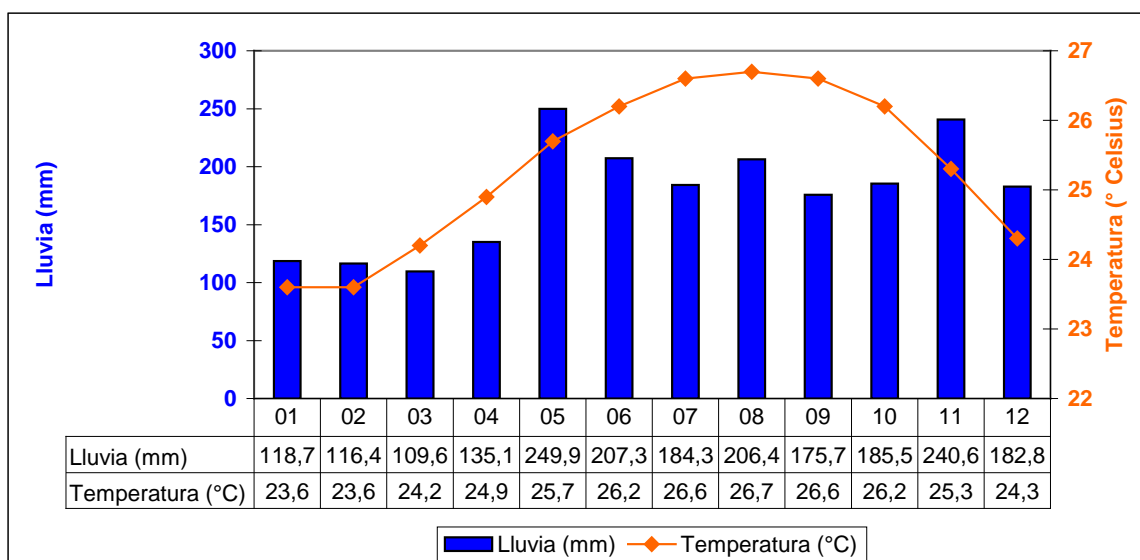


Figura 35 : Variaciones mensuales de la pluviometría y de las temperaturas en Sabana de la Mar. Estadísticas establecidas a partir de los datos recogidos entre 1951 y 1988. (de <http://www.theweathernetwork.com>).

7.1.2 Red hidrográfica

La superficie de la Hoja de El Valle está atravesada de Noroeste a Sureste por una línea divisoria de aguas, cuya altitud media es de unos 300 m.

Al Norte, la depresión de El Valle está drenada por los ríos Yanigua, Chiquito y Sano, afluentes del río Yabón que desagua, con un trazado en forma de meandro desde el Sureste hacia el Noroeste. El río Yabón desemboca un poco más al Norte, en la Bahía de Samaná.

En el Sur, el drenaje se produce los ríos Yabacao, Casui, Higuamo, Guamira y Cibao. Estos ríos nacen a lo largo de la línea divisoria de aguas, en la interfaz entre el sustrato volcánico o volcano-sedimentario del Cretácico Inferior y la cobertura margo- calcárea de Los Haitises.

No hay datos hidrológicos específicos disponibles acerca de estos ríos.

7.1.3 Principales puntos de abastecimiento

Localidad	N°	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD 27		Tipo	Profundidad (en pies)
		Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)		
El Valle	1	18,97143	-69,37057	460 990	2 097 582	Estación de bombeo	
Rio Higuamo	2	18,88500	-69,34144	464 038	2 088 013	Manantial	
Rio Higuamo	3	18,88409	-69,34280	463 894	2 087 912	Manantial	
Pozo de Manigueta	4	18,85565	-69,26070	472 538	2 084 751	Malacate	160
La Culebra	5	18,85204	-69,25258	473 393	2 084 351	Malacate	160
Colonia San Rafael	6	18,88754	-69,35236	462 889	2 088 296	Malacate	?
Loma de Sombrero	7	18,88864	-69,37076	460 951	2 088 421	Sondeo	?
El Cabao	8	18,92517	-69,37674	460 330	2 092 465	Sondeo	68
Alto de La Piedra	9	18,97569	-69,41258	456 569	2 098 063	Sondeo	250
Yanigua	10	18,97507	-69,41754	456 046	2 097 995	Sondeo	?

Tabla 3 : Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de El Valle. Los números permiten su correlación con la Figura 36.

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

principales de estos puntos de agua se reseñan en la Tabla 3. Su localización se precisa en la Figura 36.

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.

La alimentación del agua potable de El Valle está asegurada por una toma de agua en superficie, sobre el río Sano. Diariamente se bombea aproximadamente un volumen de 2600 m³. El agua se envía por canalización hasta la estación de purificación de INAPA situada a la entrada de El Valle, antes de redistribuirla a la población local. La capacidad de la estación de tratamiento es de 65 l/s, con una capacidad de almacenamiento de 850 m³.

La población que vive en la periferia de la Colonia San Rafael se alimenta de agua potable a partir de las fuentes del río Higuamo. Estas fuentes están mal protegidas y muy vulnerables a la contaminación.

Situados al Oeste de El Valle, los ríos Yanigua y Chiquito representan, sin duda alguna, un recurso de agua no despreciable para el consumo. El agua de estos dos ríos procede de calizas de Los Haitises, el flujo es visualmente importante, y la pureza del agua parece evidente.

porosidad. En estas condiciones, y localmente, la formación Los Ranchos puede constituir un acuífero discontinuo de tipo medio fisural.

En el ángulo SE de la Hoja, las calizas de la formación de Hatillo están muy kárstificadas, con presencia de dolinas y de valles secos (arroyo Seco). Forman, sin duda, un acuífero importante que, actualmente no está bien estudiado. Pero, hay que tener en cuenta la vulnerabilidad de este acuífero, pues la karstificación implica circulaciones muy rápidas de agua en las que el menor contaminante puede actuar rápidamente sobre toda la red. Por lo tanto sería imperativo asegurar su protección, lo que no parece ser el caso al Sur de la Hoja, con la descarga de Hato Mayor sobre los afloramientos de las calizas de la Fm Hatillo.

La Formación Las Guayabas, del Cretácico Superior, esta formada por grauvacas areniscas de grano fino dominante, limos y arcillas. De igual forma que los terrenos de la Formación Los Ranchos, esta formación sólo tiene interés hidrogeológico cuando la fracturación es lo suficientemente densa como para constituir un acuífero discontinuo de tipo medio fisural.

Las arcillas y margas de la Formación Yanigua (Plio-Pleistoceno) constituyen una pantalla impermeable.

Las calizas margosas, además de las calizas masivas de la Formación Cevicos (Plio-Pleistoceno) constituyen el mejor acuífero de la región, debido a: a) su naturaleza, b) su extensión y c) su relativa protección dada su lejanía y su difícil acceso. Aquí se localiza, sin duda alguna, uno de los más importantes recursos de agua de la región.

Los recubrimientos y los aluviones cuaternarios se reducen a lechos de poco espesor, diseccionados por la red hidrográfica. Pueden generar acuíferos muy reducidos, pero de alta permeabilidad.

7.2 RECURSOS MINERALES

7.2.1 Yacimientos e indicios minerales

Las principales características de los yacimientos e indicios observados o descubiertos en el territorio de la Hoja El Valle, durante la cartografía geológica, se han agrupado en la Tabla 4.

Localidad	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD 27		Sustancia	Edad - Formacion	Litologia
	Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)			
Piedra Redonda	18,95397	-69,27588	470 955	2 095 631	Pyr, (Au)	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Volcano-clasticas acidas
Loma El Mogote	18,96248	-69,26191	472 427	2 096 571	Pyr, (Au)	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Tobas
Yanigua	18,97109	-69,44248	453 420	2 097 562	Lig	Plio-Pleistoceno - Fm. Yanigua	Argilitas y areniscas
Yanigua	18,97004	-69,44906	452 727	2 097 448	Lig, Pyr	Plio-Pleistoceno - Fm. Yanigua	Argilitas y areniscas
Yanigua	18,96864	-69,44932	452 700	2 097 292	Amb	Plio-Pleistoceno - Fm. Yanigua	Argilitas
Colonia San Rafael	18,89846	-69,34993	463 147	2 089 503	Amb	Plio-Pleistoceno - Fm. Yanigua	Argilitas y margas
Colonia San Rafael	18,90206	-69,36235	461 840	2 089 905	Amb	Plio-Pleistoceno - Fm. Yanigua	Argilitas y margas

Tabla 4 : Características de los indicios vistos en la Hoja de El Valle.

7.2.1.1 Sustancias metálicas

Las volcanitas ácidas de la Formación Los Ranchos, individualizadas en el sector de Piedra Redonda, al NE de la falla del Río Yabón, presentan localmente diseminaciones de pirita, asociadas a una intensa silicificación. La falta de datos impide juzgar el interés del indicio de Piedra Redonda, pero si mencionar que merece un estudio más detallado.

En general, la situación de los indicios confirman el interés metalogénico de las intrusiones volcánicas y de las rocas volcano-clásticas ácidas del Miembro intermedio de la Formación Los Ranchos. En un contexto geológico similar se sitúa el distrito de Au-Ag de Pueblo Viejo, en la Hoja de Hatillo. Pueblo Viejo es un yacimiento epitermal de alta sulfuración de Au-Ag, y de los más importantes del mundo, con un peso metal superior a las 800 t de oro y las 4000 t de plata.

El indicio de la Loma El Mogote es diferente. Se distinguen en él, fragmentos centimétricos de pirita fresca, criptocristalina, asociada a fragmentos de sílice blanca que conforman una facies tobácea. Litoestratigáficamente, esta facies la situaríamos en la parte alta de la Fm Los Ranchos en este sector. El indicio podría hacer pensar en la existencia de mineralizaciones de sulfuros de tipo VMS, asociadas a estos productos piroclásticos. En este sector, pero un poco mas al Este, en de la Hoja Miches, conviene citar la presencia de bloques de brechas volcano-clásticas completamente ferruginizadas (gossan), en los aluviones de un arroyo afluente del río Las Lisas (paraje La Domenica, Lat : 18.96407 – Long : -69.23617).

7.2.1.2 Lignito

El indicio más característico está formado por un estrato de lignito de poco espesor, interestratificado con niveles de arcillas y fragmentos de lignito. Afloran en el curso del río Yanigua. Está situado en los afloramientos arcillo-arenoso de la base de la Formación Yanigua. Otro indicio visible, se localiza río arriba, asociado a los bancos de arenisca gruesa, rica en materia orgánica y pirita, igualmente de la base de la Formación Yanigua.

El conocimiento de estos indicios no es nuevo, se remonta a finales de la década de 1970. Fue el origen de las investigaciones por sondeo realizadas por la Compañía Dominicana de Electricidad (Michelson H., 1977 ; Sofremines, 1978). La Figura 6, realizada a partir de los datos del informe de Michelson H. (1977), muestra el entorno litológico de los estratos de lignito, basado en la descripción de un sondeo con recuperación de testigo, realizado cerca de Yanigua.

Desconocemos el seguimiento que se ha dado a estas investigaciones. Por la disminución de los indicios, parecen no tener interés económico.

7.2.1.3 El ámbar

La existencia y la explotación artesanal del ámbar son una característica de la región de El Valle (Brouwer S.B. *et al*, 1980 ; Champetier Y. *et al*, 1982.; Espy J.A., 2000 ; Iturralde Vinent M. A., 2001). Se localizaron varios indicios durante los trabajos de cartografía. Los indicios más importantes se encuentran en la periferia de la Colonia San Rafael (El Veinte) y bajo los acantilados de Yanigua, cerca de los indicios de lignito anteriormente descritos.

Los indicios de ámbar se localizan en la base de la Formación Yanigua, en los niveles arcillo-arenosos, ricos en materia orgánica y fósiles de agua dulce. El ámbar se presenta en trozos arriñonados y los más grandes alcanzan el tamaño de un puño. Tienen color miel y, a menudo, son ricos en fósiles de insectos. Los precios están en función del color, el tamaño y los fósiles presentes.

En la región de El Valle, existen una tradición de explotación "artesanal" del ámbar, que no carece de riesgo. El sistema normalmente utilizado es el de cavar pozos verticales, de 10 a 20 m de profundidad. Tan pronto como encuentran un horizonte favorable, lo siguen y lo

rapiñan mediante galerías estrechas y horizontales. Cada año hay accidentes mortales, pues los trabajos se realizan despreciando las más elementales reglas de seguridad.

7.2.2 Materiales para construcción

La Tabla 5 agrupa los datos relativos a las diferentes canteras, activas, intermitentes o abandonadas visitadas en el curso de los trabajos.

Localidad	N°	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD 27		Sustancia	Estatuto	Imp.	Edad - Formacion	Litologia
		Latitud	Longitud	XXXX (m)	YYYY (m)					
Sabana de Barnolo	1	18,85992	-69,32441	465 826	2 085 234	Aridos de machaqueos	Inactiva	1	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Basaltos y brechas piroclasticas
Loma Larga	2	18,89170	-69,28956	469 608	2 088 744	Aridos de machaqueos	Intermitente	1	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Basaltos
Jiboa	3	18,84677	-69,36145	461 922	2 083 787	Aridos de machaqueos	Intermitente	1	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Volcano-clasticas basicas
Loma de Sombrero	4	18,87974	-69,37919	460 060	2 087 438	Aridos de machaqueos	Intermitente	1	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Andesitas y brechas piroclasticas
El Valle	5	18,98216	-69,37475	460 553	2 098 770	Arena	Intermitente	1	Cuaternario	Arena aluvial
Loma Clara	6	18,98170	-69,44434	453 227	2 098 735	Aridos de machaqueos	Inactiva	1	Plio-Pleistoceno - Fm. Yanigua	Calizas arrecifales
Loma Clara	7	18,98901	-69,45805	451 786	2 099 549	Aridos de machaqueos	Intermitente	1	Plio-Pleistoceno - Fm. Yanigua	Calizas arrecifales
Loma Larga	8	18,89094	-69,28558	469 922	2 088 860	Aridos de machaqueos	Inactiva	0	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Volcano-clasticas basicas
Dona Ana	9	18,83938	-69,25615	473 014	2 082 950	Aridos de machaqueos	Inactiva	0	Cret. Sup. - Fm. Las Guayabas	Areniscas
Colonia San Rafael	10	18,89148	-69,32424	465 851	2 088 727	Aridos de machaqueos	Inactiva	0	Plio-Pleistoceno - Fm. Yanigua	Calizas arrecifales
Jiboa	11	18,84696	-69,36490	461 558	2 083 808	Aridos de machaqueos	Inactiva	0	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Volcano-clasticas basicas
Loma de la Yagua	12	18,96852	-69,40232	457 646	2 097 267	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Intrusivo	Tonalita alterada
Yanigua	13	18,97562	-69,43599	454 105	2 098 061	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Intrusivo	Microgabro alterado
Los Hicacos	14	18,98276	-69,48187	451 376	2 098 645	Aridos de machaqueos	Inactiva	0	Plio-Pleistoceno - Fm. Cevicos	Calizas
Los Guayabos	15	18,99217	-69,46717	450 827	2 099 900	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Plio-Pleistoceno - Fm. Yanigua	Calizas arrecifales
Los Guayabos	16	18,99451	-69,46079	451 500	2 100 157	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Plio-Pleistoceno - Fm. Yanigua	Calizas margosas
Los Hoyos	17	18,87791	-69,44623	453 000	2 087 252	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Plio-Pleistoceno - Fm. Cevicos	Calizas
Loma Pastillar	18	18,83550	-69,41150	456 646	2 082 552	Aridos de machaqueos	Intermitente	0	Cret. Inf. - Fm. Los Ranchos	Basaltos y brechas piroclasticas

Tabla 5 : Características de las canteras de la Hoja de El Valle. Los números permiten su correlación con la Figura 37.

Para caracterizar su importancia, hemos definido tres categorías de manera más o menos subjetiva :

- « 0 », sin importancia ;
- « 1 », cantera de mediana importancia o cuya explotación es intermitente ;
- « 2 », cantera muy importante, cuya explotación requiere de equipos de obra pesados y, en algunos casos, de trabajos con explosivos.

En su gran mayoría, las canteras tienen por objeto la explotación de materiales rocosos para terraplenes y mantenimiento de carreteras. En de la Hoja de El Valle, no hay canteras de importancia. Éstas están generalmente situadas en las proximidades de sembrados de cítricos y sólo se explotan durante el período de cosecha, para el mantenimiento de los caminos.

Los recubrimientos y los aluviones arenosos del río Sano se explotan intermitentemente cerca de El Valle para la construcción local.

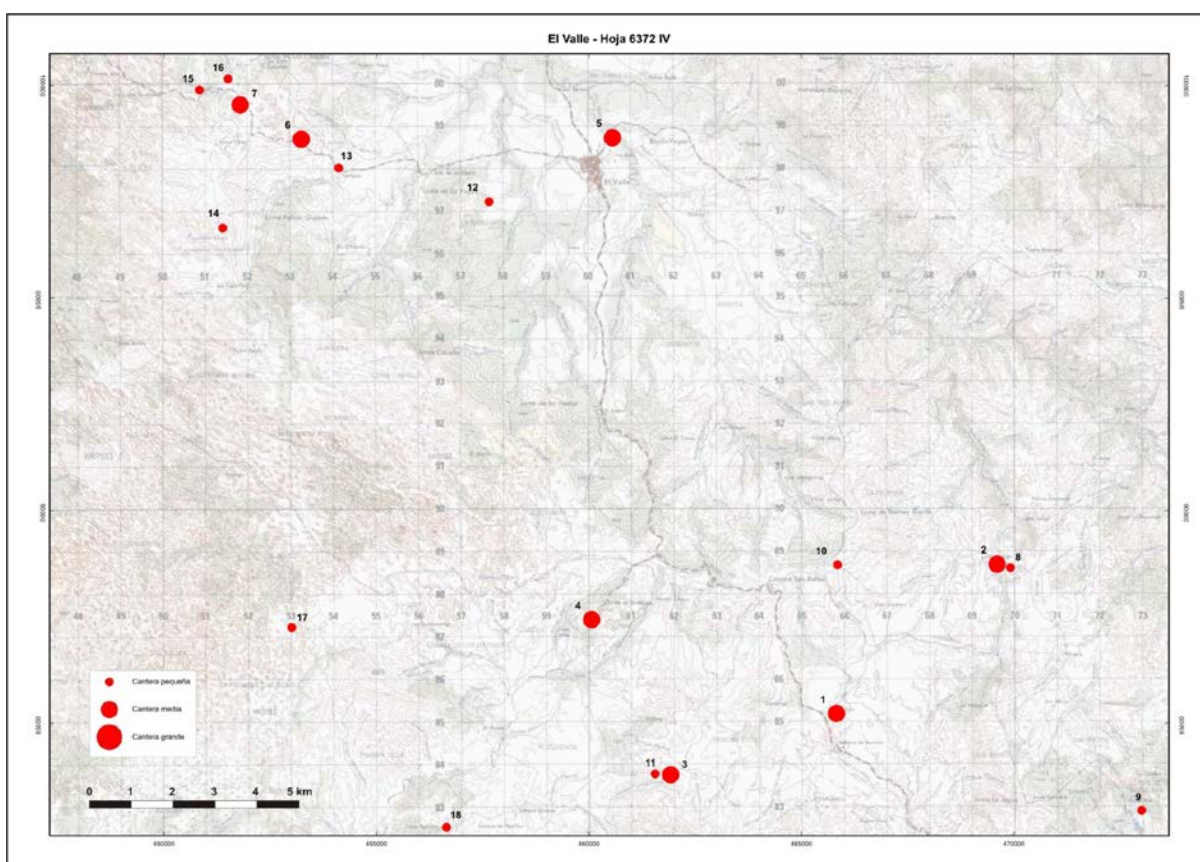


Figura 37 : Localización y importancia de los principales canteras de la Hoja de El Valle. Los números permiten su correlación con la Tabla 5.

8 LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO

8.1 L.I.G. N° 1: VOLCANISMO BÁSICO (COLADAS Y PRODUCTOS PIROCLÁSTICOS) DE LA FM LOS RANCHOS

8.1.1 Croquis de situación

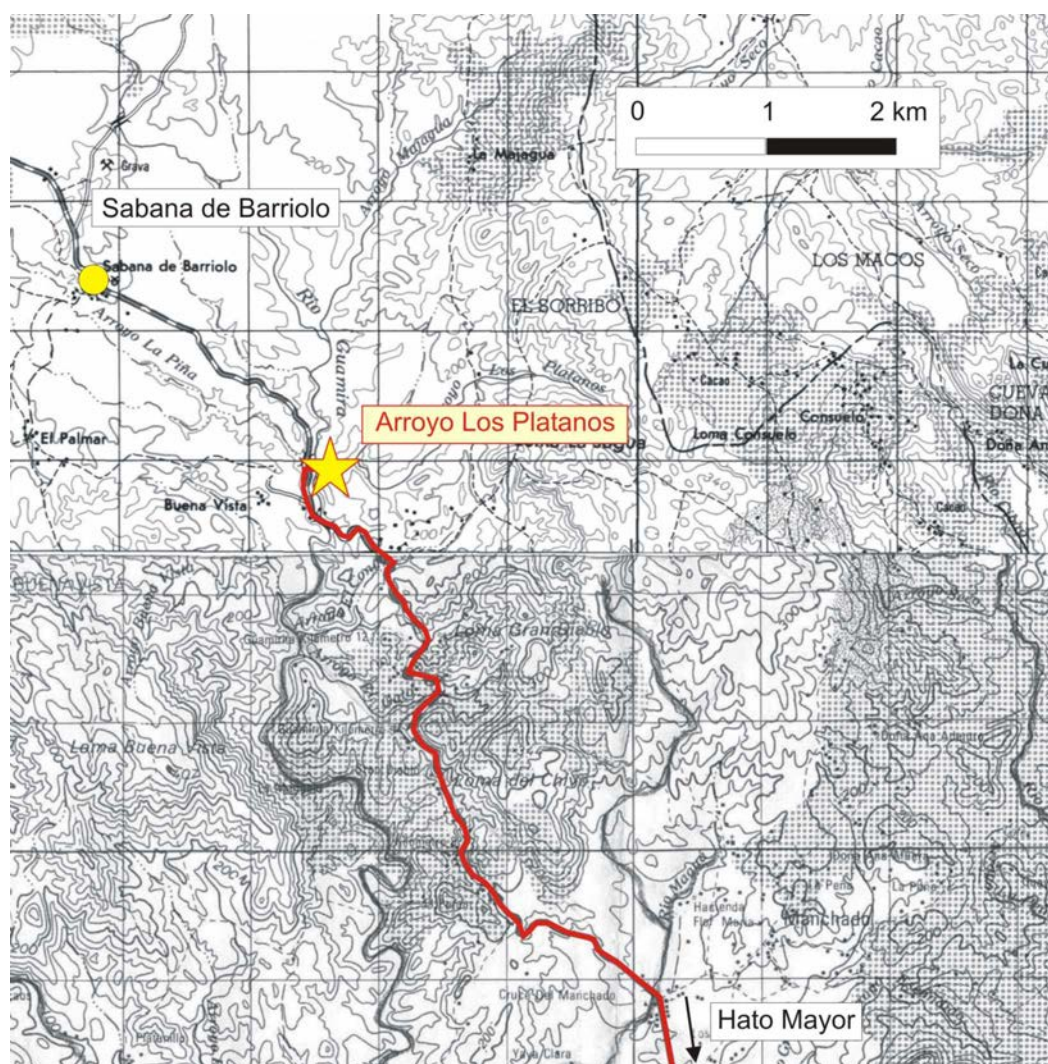


Figura 38 : Croquis de situación del LIG 1, Arroyo Los Platanos.

8.1.2 Contenido - Motivación

La confluencia del arroyo Los Plátanos con el río Guamira ofrece varios afloramiento de volcanitas básicas de la Fm Los Ranchos, del Cretácico Inferior : colada de basalto con

disyunción prismática característica, niveles de brechas piroclásticas monogénicas y poligénicas, aglomerados volcánicos, etc. La observación esta condicionada por el nivel del agua de los diferentes ríos de este sector, y es preferible visitar el lugar en período de estiaje.

8.1.3 Acceso

Después de Hato Mayor el acceso es fácil tomando la carretera en dirección de El Valle y Sabana de la Mar. El camino sube a las estribaciones montañosas que conforman el núcleo de la Cordillera Oriental y alcanza la Loma Gran Diablo, cubierta de una vegetación tropical particularmente exuberante, luego descendiendo hacia el Norte dibujando numerosos curvas. Atraviesa por primera vez el río Guamira por un estrecho puente de hormigón. Cerca de un segundo puente, hay que dejar el automóvil frente a las casas de Buena Vista, justo antes de encontrar las primeras plantaciones de "Citricos del Este" en Sabana de Barriolo. A la derecha, un corto sendero peatonal llega a la confluencia del arroyo Los Plátanos con el río Guamira.

8.1.4 Observaciones y comentarios

Las rocas son volcánicas y, en ellas, predominan las facies de flujo y los productos volcanoclásticos primarios (brechas y tobas piroclásticas provenientes de proyecciones, nubes ardientes, colapso, etc.). Las facies más características corresponden a coladas de lava básica, interestratificadas en las facies de brecha piroclástica.

Las coladas presentan disyunción prismática y una estructura interna y, en la parte superior, una muy nítida predominancia de vacuolas de talla milimétrica, provenientes de la desgasificación luego de su enfriamiento. En lámina delgada, la textura microlítica está bien subrayada por placas de plagioclasa, de clinopiroxeno, de anfíbol y de productos ferrotitaníferos en una fase vitrítica. Los ferromagnesios presentan un principio de alteración con la asociación anfíbol/clorita secundaria. Las vesículas están rellenas de carbonatos, anfíbol/clorita, prehnita y cuarzo.

Las brechas piroclásticas de explosión y los aglomerados corresponden a la acumulación de fragmentos de aspecto escoriáceo, homogéneos en tamaño y de naturaleza basáltica o andesítica. Están unidas por una matriz de igual composición. La alteración meteórica pone

de relieve los elementos ; tienen el tamaño de un puño, algunas veces soldados y otras dispersos en la matriz ; son angulosos, pero su contorno está suarizado. Las vesículas son abundantes, en los elementos y la matriz.

8.1.5 Reseña bibliográfica

Nada

8.1.6 Fotos



Foto 1 : Afl. JM-9158. LIG 1. Colada de basalto con disyunción columnar.



Foto 2 : Afl. JM-9158. LIG 1. Detalle del techo de la colada. Notar el aspecto “encintado”, ligado a la presencia de vesículas milimétricas rellenas de carbonato blanco.



Foto 3 : Afl. JM-9160. LIG 1. Brecha piroclástica monogénica constituida por la acumulación de fragmentos escoriáceos de igual tamaño, cementados por una matriz de composición andesítica.

8.2 L.I.G. N° 2 : TONALITA GRANUDA DEL BATOLITO INTRUSIVO DE EL VALLE

8.2.1 Croquis de situación

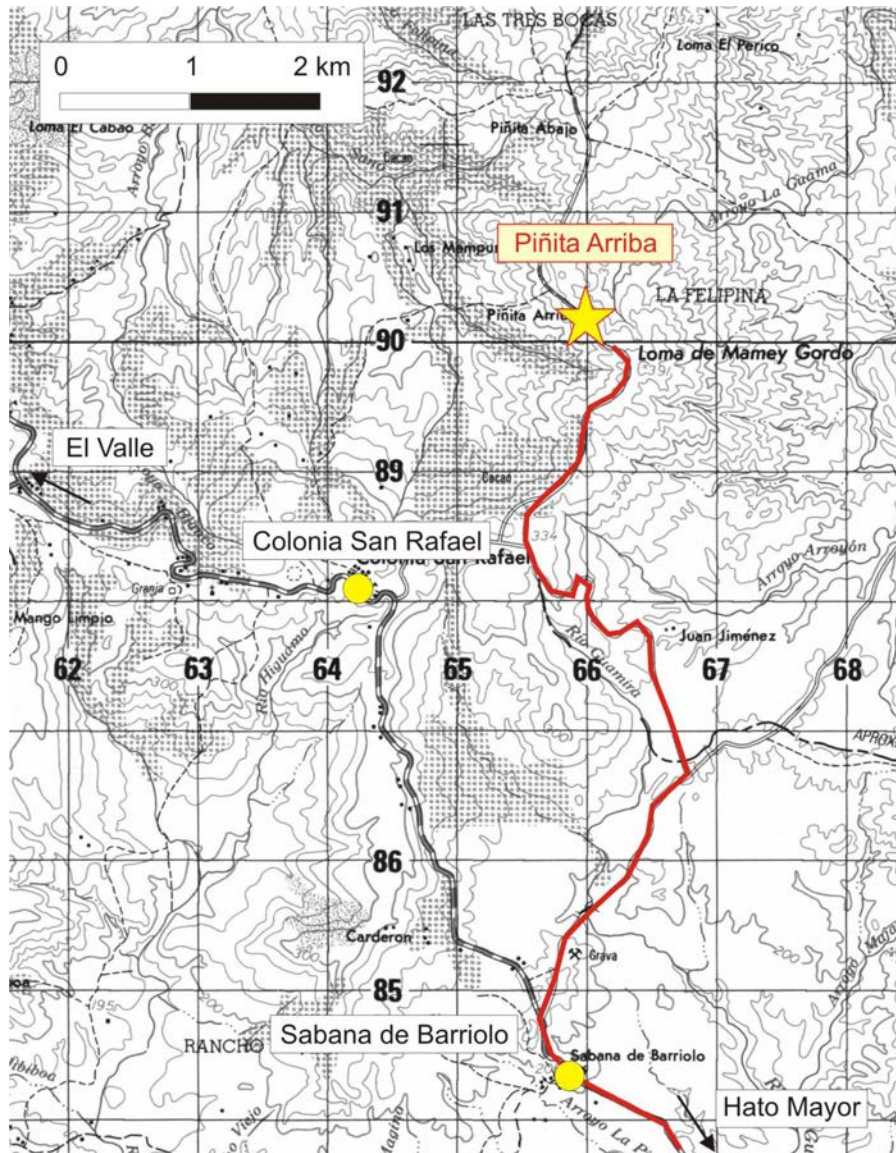


Figura 39 : Croquis de situación del LIG 2, Piñita Arriba.

8.2.2 Contenido - Motivación

La bibliografía relativa a la geología de la Cordillera Oriental hace referencia frecuentemente al batolito tonalítico de El Valle, descubierto cuando se buscaba lignito al final de la década

de los años 70. Debido a la alteración meteórica, los afloramientos de tonalita son muy escasos. Aquí se vé un buen afloramiento fácilmente accesible, que permite observar y recoger muestras de la facies clásica del plúton de El Valle.

8.2.3 Acceso

Al pasar Hato Mayor, tomar la carretera en dirección de El Valle y Sabana de la Mar. En Sabana de Barriolo, tomar hacia la derecha el camino en dirección a la planta de embarque de "Citricos del Este". Este estrecho camino serpentea por el medio de los cítricos. Aproximadamente a 2,5 km del empalme, tomar a la derecha un camino que sube dentro de las margo-calizas de Los Haitises. Se atraviesan varias propiedades agrícolas antes de llegar, a la derecha, la villa del director de "Citricos del Este". Aparcar el vehículo cerca de la misma, pues, en período de lluvia el camino se vuelve muy fangoso y difícilmente accesible, aunque sea en un vehículo 4x4. Continuar a pie varios cientos de metros, se verán numerosos cantos rodados de tonalita cerca de Corral de Piñita Arriba. Esta toponimia se relaciona a la naturaleza del sustrato, pues la alteración de la tonalita genera un suelo arenoso favorable para el desarrollo natural de la piña salvaje abundante en el sector

8.2.4 Observaciones y comentarios

El afloramiento principal corresponde a la acumulación de numerosos y voluminosos bloques rodados que forman la cumbre de la colina de Piñita Arriba. La tonalita presenta su facies común. Se trata de una roca granuda gruesa, de tinte gris-claro. El estudio microscópico muestra que está compuesta por plagioclasas parcialmente alteradas a sericita y epidota, con cuarzo abundante, anfíbol verde-marrón automorfo y más raramente biotita, transformada, sistemáticamente, a clorita. En el afloramiento es frecuente la presencia de enclaves centimétricos.

Aproximadamente a 500 m al Norte, cerca de Piñita Abajo, es posible ver la alterita arenosa desarrollada sobre el granitoide. Se puede observar, en particular, un paleosuelo rico en caolín, con una pendiente de 15-20° hacia el SE.

Desde un punto de vista geomorfológico es notable que hacia el NO se domina la depresión groseramente circular de El Valle que se enraíza en el batolito tonalítico. En dirección N y

NE, se puede ver, en segundo plano, la escarpadura rectilínea que refleja el trazado de la falla del río Yabón.

8.2.5 Reseña bibliográfica

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

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

8.2.6 Fotos



Foto 4 : Afl. JM-9070. LIG 2. Balo de tonalita granuda, gruesa, de color gris-claro, con enclaves centimétricos.



Foto 5 : Afl. JM-9172. LIG 2. Paleosuelo caolinifero-arcilloso, desarrollado sobre el macizo tonalítico de El Valle (cerca de Piñita Abajo).

8.3 L.I.G. N° 3 : FACIES DETRÍTICAS FINAS, ÁMBAR Y LIGNITO DE LA BASE DE LA FM YANIGUA (LOS HAITISES)

8.3.1 Croquis de situación

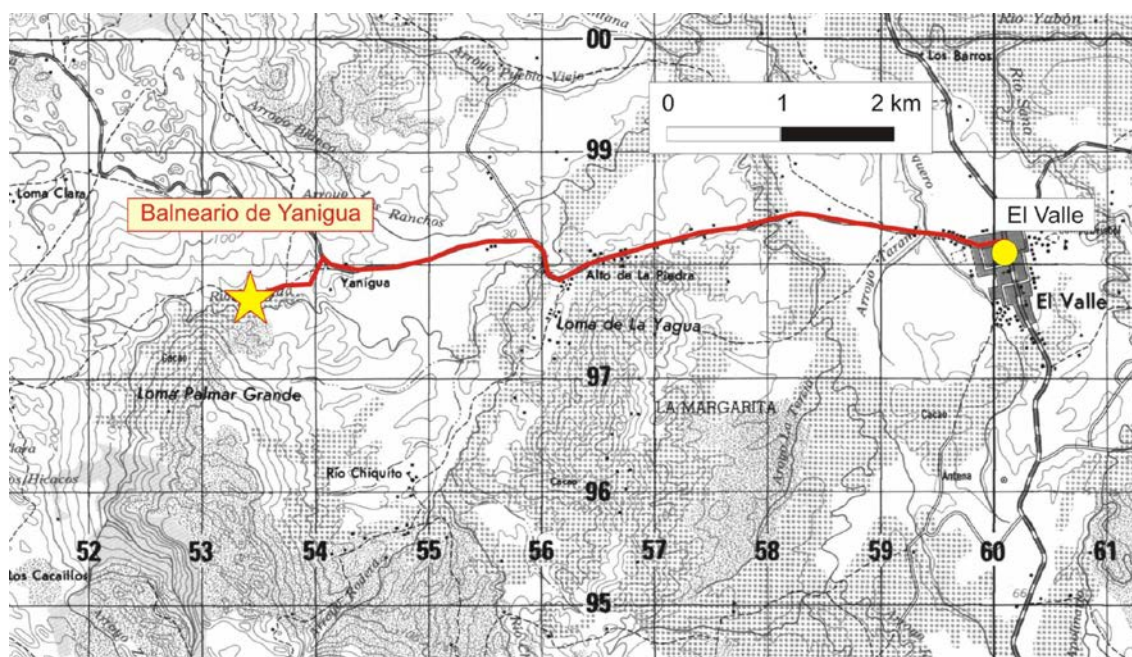


Figura 40 : Croquis de situación del LIG 3, Balneario de Yanigua.

8.3.2 Contenido - Motivación

El lecho del río Yanigua pone de manifiesto varios afloramientos de margas, arcillas arenosas y arcillas, características de la base de la cobertera miopliocena de Los Haitises. Algunos lechos de lignito están asociados a estas facies de margen litoral. Es en este nivel estratigráfico en el que se sitúan los horizontes portadores del ámbar, cuya explotación continúa siendo una actividad específica de la región de El Valle.

8.3.3 Acceso

Desde el centro de la aldea de El Valle, tomar la carretera que se dirige hacia el Oeste en dirección a Los Haitises. Aproximadamente a 6 km de El Valle, cuando la carretera comienza a subir las primeras estribaciones montañosas, doblar a la izquierda y seguir el valle del río Yanigua. A menos de 1 km de la bifurcación, una valla indica, a la izquierda, el

balneario del río Yanigua. Aparcar el vehículo y continuar a pie varios cientos de metros hasta el río. El lugar de baño está ubicado a la derecha de los bancos de arenisca fina, de arcilla siltosa y de lignito, que provocan pequeñas cascadas en el río.

Para acceder al lugar de explotación artesanal de ámbar, es necesario remontar el río alrededor de 1 km. Algunas zonas de explotación son visibles en la orilla derecha del río Yanigua, al pie de un imponente acantilado producto de las alternancias margo-calizas de Los Haitises.

Antes de dejar la región se impone una visita a los diferentes revendedores de ámbar y de fósiles. A lo largo de la calle que atraviesa El Valle, en sentido Norte-Sur, hay varias tiendas instaladas y fácil de localizar.

8.3.4 Observaciones y comentarios

El lecho del río Yanigua da acceso a diferentes facies arenisco-arcillosas :

- en la zona del balneario se trata, principalmente, de bancos de arcilla siltosa, rica en pequeños fragmentos y conchas de fósiles de agua dulce, y de arcilla negra con intercalaciones de lignito laminado ;
- subiendo el río, se encuentran bancos de areniscas gruesas con cuarzo anguloso y matriz arcillo-siltosa rica en materia orgánica y en neoformaciones de pirita-marcasita.

Los aluviones del río son también ricos en fósiles de políperos, provenientes de la erosión de los niveles carbonatados de la Fm Cevicos.

8.3.5 Reseña bibliográfica

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, Republica Dominicana. Memorias, vol 1, pp. 213-223.

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

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, Republica Dominicana. Memorias, vol 1, pp. 277-279.

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

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

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

8.3.6 Fotos



Foto 6 : Afl. JM-9827. LIG 3. Balneario del río Yanigua. Las cascadas son provocadas por bancos de areniscas finas y de arcillas siltosas.



Foto 7 : Afl. JM-9827. LIG 3. Banco horizontal de arcilla siltosa negra, rica en lignito, rematando un nivel de arcilla gris.



Foto 8 : Afl. JM-9332. LIG 3. Bancos de areniscas gruesas con fragmentos líticos y tubulares de bioturbación con pirita-marcasita, que remata niveles de arcillas negras y de lignito laminado.

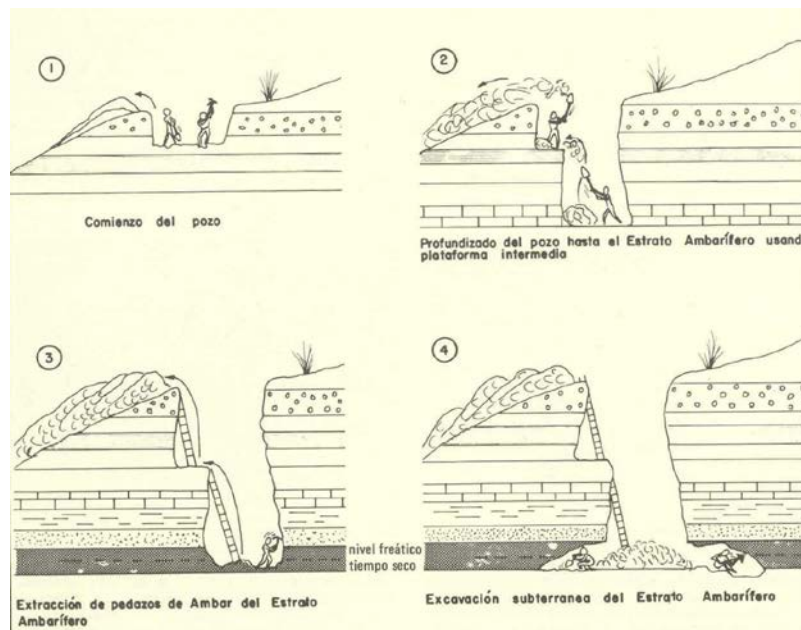


Figura 41 : Esquema que ilustra la técnica de explotación del ámbar en la región de El Valle (Brouwer S.B. y Brouwer P.A., 1980). Este método rudimentario se practica aún actualmente, despreciando las más elementales reglas de seguridad .

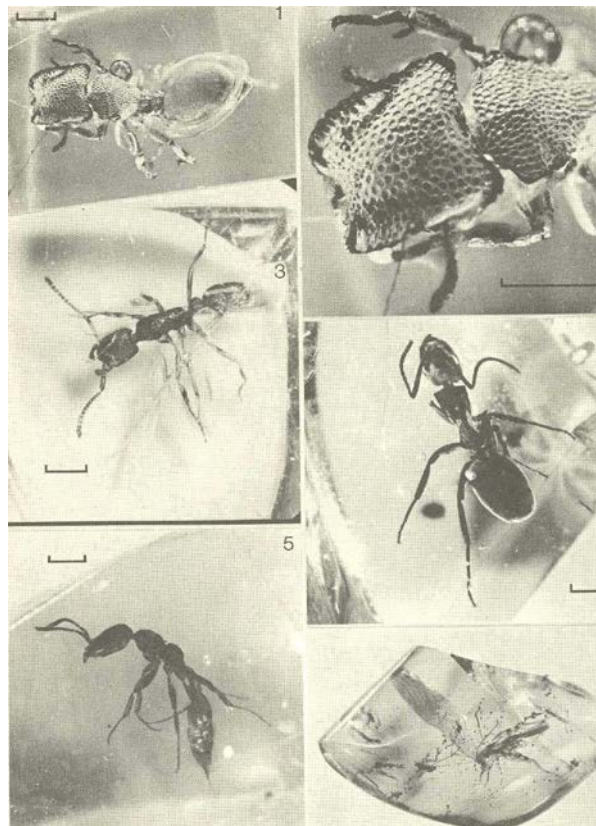


Figura 42 : Diferentes insectos atrapados y fosilizados en el ámbar (Baroni-Urbani C. y Saunders J.B., 1980).

9 BIBLIOGRAFÍA

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

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

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

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

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

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

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

BOURDON L. (1985) : La Cordillère Orientale Dominicaine (Hispaniola, Grandes Antilles) : un arc insulaire créacé 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.

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

ESCUDER VIRUETE J., HERNÁIZ 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 Igneous 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 Igneous 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 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PINDELL J.L., DRAPER G. (1991) : Stratigraphy and Geological history of the Puerto Plata area, northern Dominican Republic. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann P., Draper G. y Lewis J.F., eds.), Geological Society of America Special Paper, 262, p. 97-114.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

WINSLOW M.A., GUGLIELMO G. Jr., NADAI A.C., VEGA L.A., McCAAN W.R. (1991) : Tectonic evolution of the San Francisco Ridge of the eastern Cibao Basin, northeastern Hispaniola. En: *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola* (Mann P., Draper G. y Lewis J.F., eds.), *Geological Society of America Special Paper*, 262, p. 301-313.

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

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