

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

ANTÓN SÁNCHEZ
(6272-I)

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 DO 9999). Ha sido realizada en el periodo 2002-2004 por Informes y Proyectos S.A. (INYPSA), formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA con normas, dirección y supervisión de la Dirección General de Minería.

Han participado los siguientes técnicos y especialistas:

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (INYPSA)
- Ing. Pedro Pablo Hernaiz (INYPSA)

COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (INYPSA)
- Ing. Pedro Pablo Hernaiz (INYPSA)

SEDIMENTOLOGÍA Y LEVANTAMIENTOS DE COLUMNAS

- Ing. Lluís Ardevol Oró (GEOPREP)

MICROPALAEONTOLOGÍA

- Dr. Luis Granados (Geólogo Consultor)

PETROGRAFÍA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

- Dr. José Pedro Calvo (Universidad Complutense de Madrid, España)

PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS

- Dr. Javier Escuder Viruete (Universidad Complutense de Madrid, España)

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

- Dr. Jesús García Sanz (INYPSA)
- Ing. Pedro Pablo Hernaiz (INYPSA)

GEOMORFOLOGÍA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (INYPSA)

MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS

- Ing. Eusebio Lopera (IGME)

TELEDETECCIÓN

- Ingra. Carmen Antón Pacheco (IGME)

INTERPRETACIÓN DE LA GEOFÍSICA AEROTRANSPORTADA

- Dr. 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 (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 DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE MINERÍA

- 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 mejorar la calidad del mismo.

Se pone en conocimiento del lector que en la Dirección General de Minería existe una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria, constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones

- Fichas petrográficas y/o micropaleontológicas de cada una de las muestras
- Mapas de muestras
- Álbum de fotos
- Lugares de Interés Geológico

En el Proyecto se han realizado otros productos cartográficos relacionados con la Hoja:

- Mapa Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico del Cuadrante a escala 1:100.000 correspondiente, y Memoria adjunta
- Mapa de Recursos Minerales del Cuadrante a escala 1:100.000 correspondiente, y Memoria adjunta
- Geoquímica de Sedimentos Activos y Mineralometría del Proyecto L. Mapas a escala 1:150.000 y Memoria adjunta;

Y los siguientes Informes Complementarios

- Informe 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 (Proyectos K y L)
- Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método Ar/Ar (Proyectos K y L)
- Informe/Catálogo de macroforaminíferos seleccionados (Proyectos K y L)

RESUMEN

La Hoja a escala 1:50.000 de Antón Sánchez (6272-I) se localiza a unos 30-40 km al NNO de la capital Santo Domingo. Geológicamente pertenece al dominio de la Cordillera Oriental si bien sus dos terceras partes están cubiertas por la plataforma carbonatada plio-cuaternaria de Los Haitises.

La Hoja presenta una estratigrafía bastante completa, con extensos afloramientos volcánicos y volcano-sedimentarios de la Fm Los Ranchos (Cretácico Inferior) sobre la que se dispone el conjunto sedimentario y volcano-sedimentario de la Fm Las Guayabas (Cretácico Superior), si bien localmente se interpone entre ellos la Fm Hatillo; regionalmente, el conjunto se encuentra afectado por complejos intrusivos, de los cuales, en esta Hoja solo aflora, rodeado por materiales plio-cuaternarios, el que intruye en el núcleo de la Fm Los Ranchos. Discordante sobre la Fm Las Guayabas aparece, en el sector meridional, el típico conjunto conglomerático de la Fm Don Juan. La estructura interna de la cordillera muestra una disposición monoclinal hacia el SO, afectada por una red de fracturas de orientaciones NO-SE, E-O y NE-SO, generada desde comienzos del Terciario.

La plataforma carbonatada plio-cuaternaria de Los Haitises es el resultado del desarrollo arrecifal en torno a una incipiente Cordillera Oriental configurada a modo de isleos a finales del Terciario; su progresiva emersión provocó el retroceso de los complejos arrecifales hasta su posición actual. Sus depósitos se disponen discordantemente sobre los materiales cretácico-paleógenos, y están constituidos por las margas con intercalaciones calcáreas de la Fm Yanigua a las que se superponen las calizas arrecifales de la Fm Los Haitises en la región del mismo nombre.

ABSTRACT

The 1:50,000 Antón Sanchez sheet (6272-I) is located 30-40 km NNW of the capital, Santo Domingo. In geological terms it belongs to the Cordillera Oriental, although two thirds of its surface are covered by the Plio-Quaternary calcareous platform of Los Haitises.

The sheet presents a quite complete stratigraphic record, with extensive volcanic and volcanosedimentary outcrops of the Los Ranchos Fm (Lower Cretaceous), at the bottom, followed by the sedimentary or volcanosedimentary Las Guayabas Fm; between them, the calcareous Hatillo Fm, of Aptian-Albian age, appears locally. The whole of this succession is regionally intruded by tonalitic-dioritic bodies; on this sheet, only those outcropping in the core of the Los Ranchos Fm are present, surrounded by Plio-Quaternary materials. In the southern area, the typical conglomerate of the Don Juan Fm lies unconformably on the Las Guayabas Fm. The internal structure of the cordillera is quite simple, with the beds generally dipping to the SW and an extensive network of NW-SE, E-W and NE-SW oriented fractures.

The Plio-Quaternary calcareous platform of Los Haitises is the result of a former onset, at the end of Tertiary times, of reefal systems surrounding an incipient Cordillera Oriental in the form of isolated islands, whose progressive uplift controlled the retreat of the reefal systems to their present position. Their deposits lie unconformably over most of the Cretaceous-Paleogene formations, and consist of marls with interbedded calcarenites of the Yanigua Fm and, above these, reefal limestones of the Los Haitises Fm.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Metodología.....	1
1.2 Situación geográfica.....	5
1.3. Marco geológico.....	9
1.4. Antecedentes.....	10
2. ESTRATIGRAFIA.....	15
2.1. Cretácico.....	15
<u>2.1.1. Rocas intrusivas.....</u>	<u>17</u>
2.1.1.1. Tonalitas (1). Cretácico Inferior.....	17
<u>2.1.2. Cretácico Inferior.....</u>	<u>18</u>
2.1.2.1. Fm Los Ranchos (2). Unidad brechoide inferior (¿Mb Meladito?). Brechas volcánicas (de fragmentos de rocas ácidas y básicas y matriz esencialmente básica), con intercalaciones de <i>debris flow</i> y de niveles volcanoclásticos de grano fino/medio bien estratificados. Cretácico Inferior. K ₁	22
2.1.2.2. Fm Los Ranchos. Unidad riodacítica inferior. Coladas riodacíticas con niveles volcanoclásticos subordinados y rocas subvolcánicas asociadas (3). Cuerpos riodacíticos subvolcánicos o intrusivos (4). Cretácico Inferior. K ₁	23
2.1.2.3. Fm Los Ranchos (5). Unidad basáltica intermedia. (¿Mb La Naviza?) Basaltos masivos con intercalaciones locales de niveles brechoides. Cretácico Inferior. K ₁	25
2.1.2.4. Fm Los Ranchos (6). Unidad riodacítica superior. Alternancia bien estratificada de coladas riodacíticas y términos volcanoclásticos asociados. Cretácico Inferior. K ₁	25

2.1.2.5. Fm Los Ranchos (7). Unidad basáltico-andesítica superior. Andesitas, basaltos andesíticos y basaltos masivos. Cretácico Inferior. K ₁	26
2.1.2.6. Fm Hatillo (8). Calizas masivas grises con rudistas. Aptiano-Albiano. K ₁	27
2.1.3 Cretácico Superior.....	28
2.1.3.1. Fm Las Guayabas (9). Alternancia de areniscas y grauvacas de grano fino/medio, limolitas y lutitas con intercalaciones de brechas volcánicas y tobas piroclásticas. Cretácico Superior. K ₂	34
2.2 Cenozoico	38
2.2.1. Paleógeno	39
2.2.1.1. Fm Don Juan (10) Conglomerados de cantos de rocas volcánicas y de calizas, de tonos rojizos. Eoceno. P ₂	40
2.2.2. Plioceno-Cuaternario.....	42
2.2.2.1. Fm Yanigua (11). Margas con lignito e intercalaciones de calizas y calizas margosas. Plioceno. N ₂	44
2.2.2.2. Fm Los Haitises (12) Calizas margosas y calizas arrecifales. (13) Calizas arrecifales. Plioceno-Pleistoceno. N ₂ – Q ₁₋₃	46
2.2.3. Cuaternario.....	48
2.2.3.1. Fondos de dolina, uvala y polje (14) Arcillas de descalcificación. Pleistoceno-Holoceno. Q ₁₋₄	48
2.2.3.2. Conos de deyección y abanicos aluviales (15) Gravas, arenas y lutitas. (17) Limos, arenas y cantos. Pleistoceno-Holoceno. Q ₁₋₄	48
2.2.3.3. Terrazas (16) Gravas, arenas y limos. Holoceno. Q ₄	49
2.2.3.4. Fondos endorreicos (18) Lutitas. Holoceno. Q ₄	50
2.2.3.5. Coluviones (19) Limos, arenas y cantos. Holoceno. Q ₄	50
2.2.3.6. Fondos de valle (20) Arenas y gravas. Holoceno. Q ₄	50
3. PETROLOGÍA, GEOQUÍMICA Y DATACIONES ABSOLUTAS DE LAS UNIDADES ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS	51
3.1 Petrología.....	51

3.1.1. Petrología de las tonalitas intrusivas en la Fm Los Ranchos (1).....	51
3.1.2 Petrología de la Fm Los Ranchos.....	52
3.1.2.1. Unidad brechoide inferior (2) (¿Mb Meladito?).	52
3.1.2.2. Unidad riodacítica inferior (3 y 4).	53
3.1.2.3 Unidad basáltica intermedia (5) (¿Mb La Naviza?).....	54
3.1.2.4. Unidad riodacítica superior (6).....	55
3.1.2.5. Unidad basáltico-andesítica superior (7).	56
3.1.3 Petrología de la Fm Las Guayabas (9).....	57
3.2. Geoquímica.....	58
3.2.1. Geoquímica de la Fm Los Ranchos e intrusivos relacionados.....	58
3.2.2 Geoquímica de la Fm Las Guayabas (e intrusivos relacionados – sin representación en la Hoja)	68
3.3. Dataciones absolutas	74
3.3.1. Descripción de las Técnicas Analíticas	75
3.3.1.1. Técnica analítica por el método U/Pb	75
3.3.1.2. Técnica analítica por el método Ar/Ar	76
3.3.2. Resultados y discusión.....	77
3.3.2.2. Intrusivos tonalíticos de Cevicos, Sabana Grande de Boya y El Valle	77
4.TECTONICA.....	85
5. GEOMORFOLOGÍA	97
5.1. Análisis geomorfológico	97
5.1.1. Estudio morfoestructural.....	97
5.1.1.1. Formas estructurales	98
5.1.2. Estudio del modelado	99
5.1.2.1. Formas gravitacionales.....	99

5.1.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial.....	99
5.1.2.3. Formas lacustres y endorreicas.....	101
5.1.2.4. Formas por meteorización química.....	102
5.1.2.5. Formas poligénicas.....	103
5.2. Evolución e historia geomorfológica	103
6. HISTORIA GEOLÓGICA.....	106
7.GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	110
7.1. Hidrogeología	110
7.1.1. <u>Hidrología y climatología</u>	<u>110</u>
7.1.2. <u>Hidrogeología</u>	<u>111</u>
7.2. Recursos minerales	113
<u>7.2.1. Rocas Industriales</u>	<u>115</u>
<u>7.2.2. Extracción de ámbar.....</u>	<u>115</u>
<u>7.2.3. Potencial Minero.....</u>	<u>116</u>
8. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO	117
8.1. Relación de los L.I.G.....	117
8.2. Descripción de los Lugares	118
9. BIBLIOGRAFÍA.....	120

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Metodología

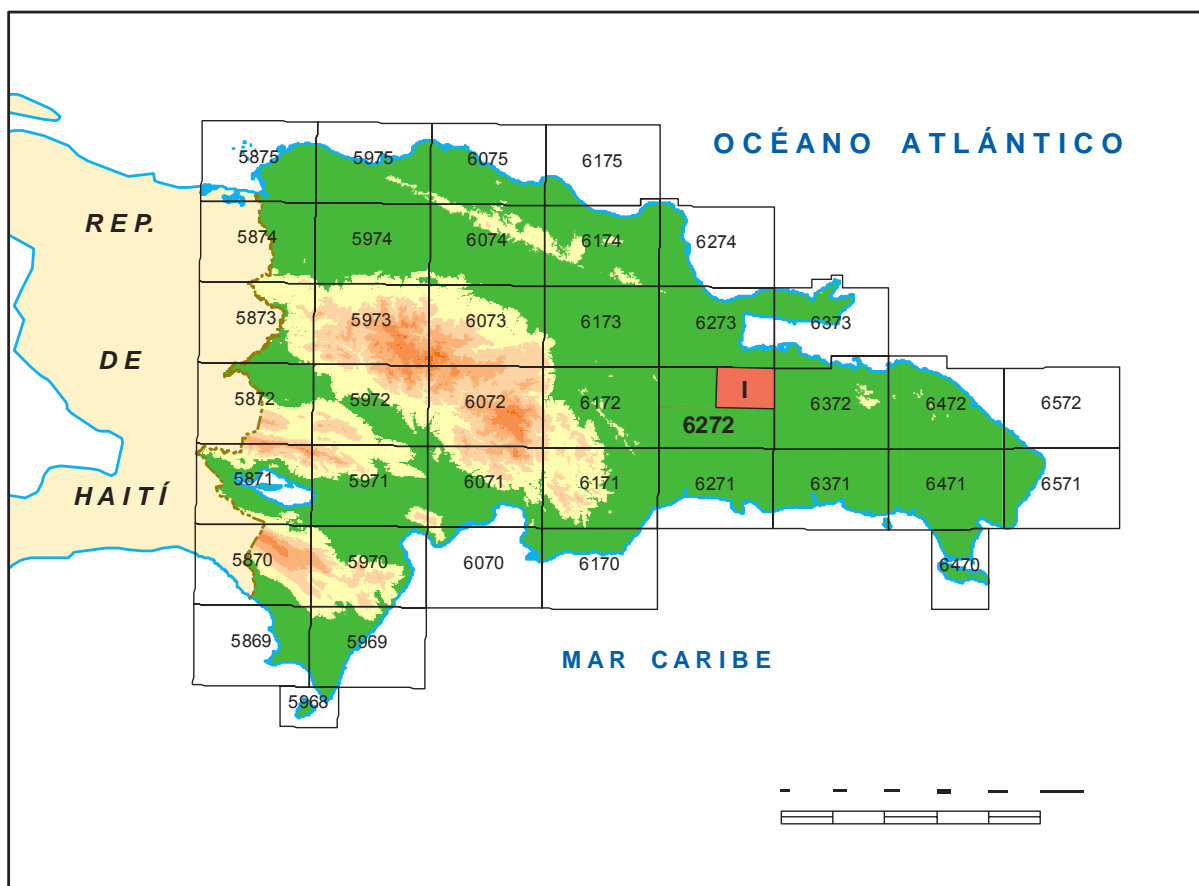
Debido al carácter incompleto y no sistemático del mapeo de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través de la Dirección General de Minería (DGM), se decidió a abordar a partir de finales de la década pasada, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea, en concepto de donación. En este contexto, el consorcio integrado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) e Informes y Proyectos S.A. (INYPESA), ha sido el responsable de la ejecución, bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG, cuya asistencia técnica corresponde a AURENSA) y la supervisión de la Dirección General de Minería (DGM), 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 Zona L-Suroeste, que se localizan en continuidad hacia el Este y el Oeste, respectivamente, del Proyecto C, primero 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 (Fig. 1.1.1):

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 del Rey, 6372-III, y El Valle, 6372-IV)
- Las Lisas (Rincón Chavón, 6472-III y Las Lisas, 6472-IV)

FIG. 1.1.1. ESQUEMA DE SITUACIÓN DE LA HOJA 1:50.000 DE ANTÓN SÁNCHEZ

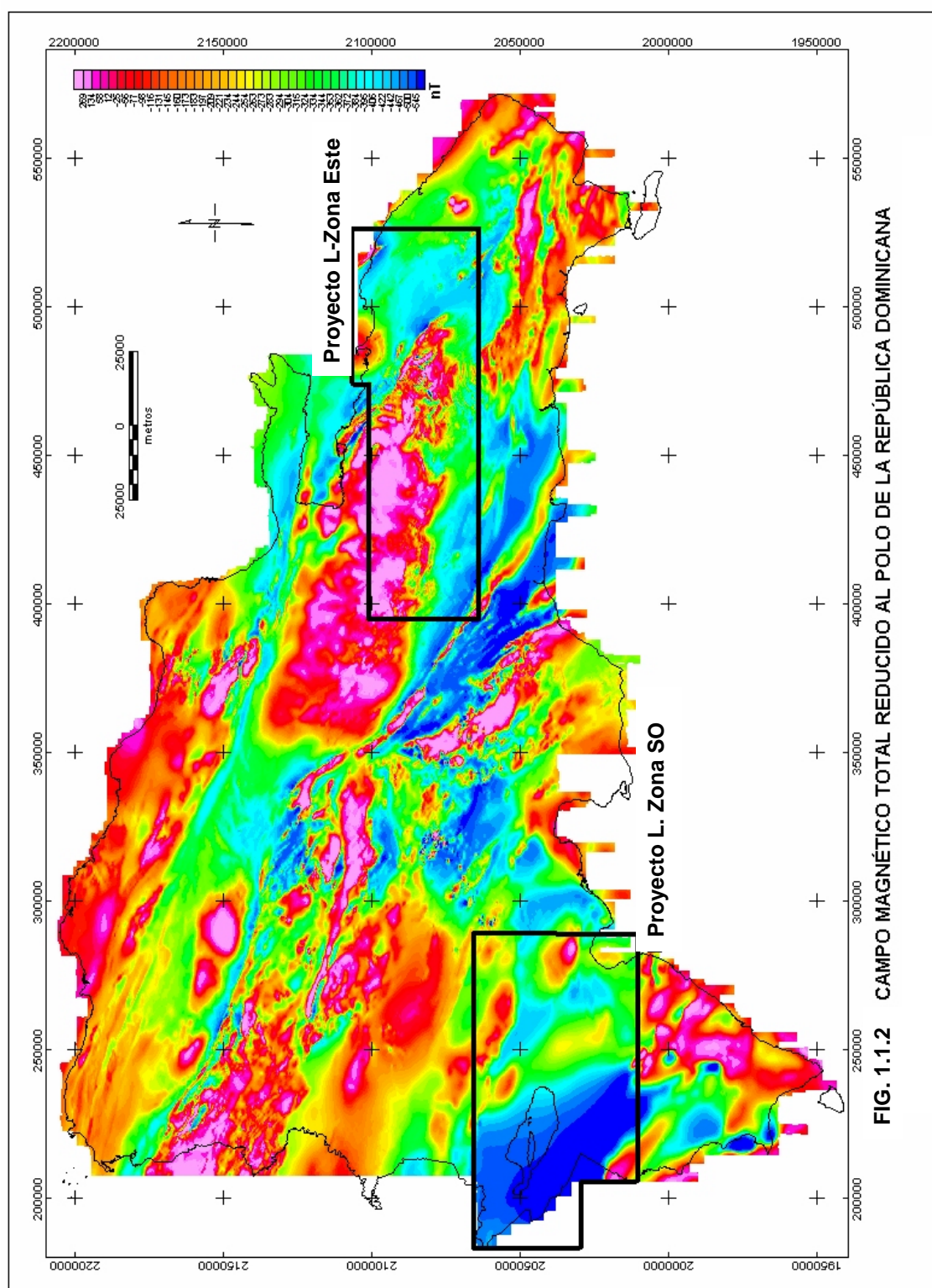


Zona L-Suroeste

- Jimaní (La Descubierta, 5871-I; Duvergé, 5871-II; Jimaní, 5871-III, y Boca Cachón, 5871-IV)
- Neiba (Villarpando, 5971-I; Vicente Noble, 5971-II; Neiba, 5971-III, y Galván, 5971-IV)
- Barahona (Barahona, 5970-I, y La Salina, 5970-IV)
- Azua (Barrero, 6070-IV)

Para la realización de cada Hoja se ha tenido en cuenta la información geológica aportada por las Hojas colindantes, con intercambio de opiniones sobre el terreno de los diferentes especialistas.

En las Hojas de la Zona L-Este, donde se inscribe la Hoja de Antón Sánchez, se ha utilizado información académica en forma de tesis y publicaciones en revistas especializadas, informes internos de investigación minera y trabajos de hidrogeología aplicada. La cartografía se ha realizado con el apoyo de las fotografías aéreas a escala 1:40.000 del Proyecto MARENA (1983-84) o, donde no existía cobertura de éstas, con las de escala 1:60.000 (1960), cedidas por la DGM. Los puntos de observación y toma de muestras se han referenciado con GPS. Los estudios fotogeológicos se han completado con la interpretación de las imágenes de satélite Spot P, Landsat TM y SAR, especialmente útiles para revelar lineamientos y fallas ocultas por la vegetación. Para la identificación y seguimiento de estructuras profundas o subaflorantes ha sido de gran utilidad el Mapa Aeromagnético de la República Dominicana (CGG, 1999) (Fig.1.1.2). 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.



Los recorridos de campo se complementan con fichas de control en las que se registran los puntos de toma de muestras (petrológicas, paleontológicas y sedimentológicas), datos de tipo estructural y fotografías. De forma coordinada con la elaboración de la Hoja, se 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 la Dirección General de Minería de la República Dominicana e inspirada en el modelo del Mapa Geológico Nacional de España a escala 1:50.000, 2ª serie (MAGNA).

1.2 Situación geográfica

La Hoja a escala 1:50.000 de Antón Sánchez se encuentra situada en el sector nororiental de la República Dominicana; pertenece a la provincia de Monte Plata, excepto un parte de su sector septentrional, perteneciente a las provincias de Samaná y Hato Mayor. La fisiografía de la Hoja queda definida por la presencia de la sierra de Yamasá, que ocupa la franja meridional, y especialmente, la región de Los Haitises, que constituye la mayor parte de su superficie, existiendo sensibles diferencias entre las características fisiográficas de ambos dominios (Fig. 1.2.1).

La sierra de Yamasá constituye la ramificación oriental de la Cordillera Central; ocupa buena parte del sector meridional, mostrando un borde septentrional muy recortado. En general, de oeste a este decrecen tanto su altitud, como su anchura, llegando a desaparecer en el sector oriental; si bien el sistema montañoso reaparece en la vecina Hoja de El Valle (6372-IV), a partir de donde pasa a denominarse Cordillera Oriental (De la Fuente, 1976) (Fig. 1.2.1). En el ámbito de la Hoja, la sierra de Yamasá no manifiesta su fisonomía como cordillera, ya que sus relieves se confunden con los de Los Haitises; tan sólo supera ocasionalmente los 200 m de altitud (Fig. 1.2.2), lo que hace que los encajamientos de la red fluvial sean moderados. En uno de sus elementos, el arroyo Santos, se encuentra la altitud mínima de la Hoja (70 m).

FIG. 1.2.1. DOMINIOS FISIOGRAFICOS DE LA REPÚBLICA DOMINICANA (Modificado de De la Fuente 1976)

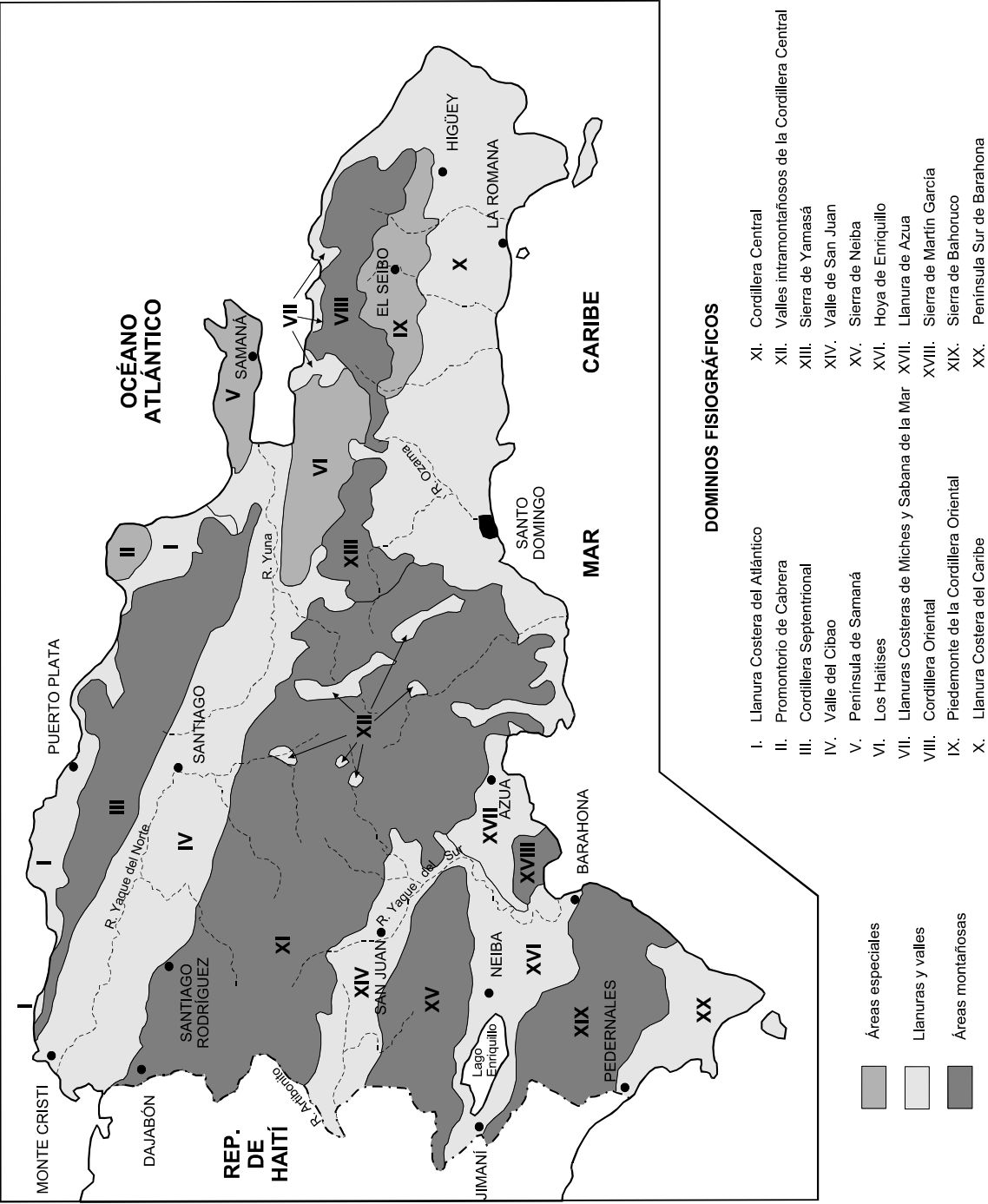
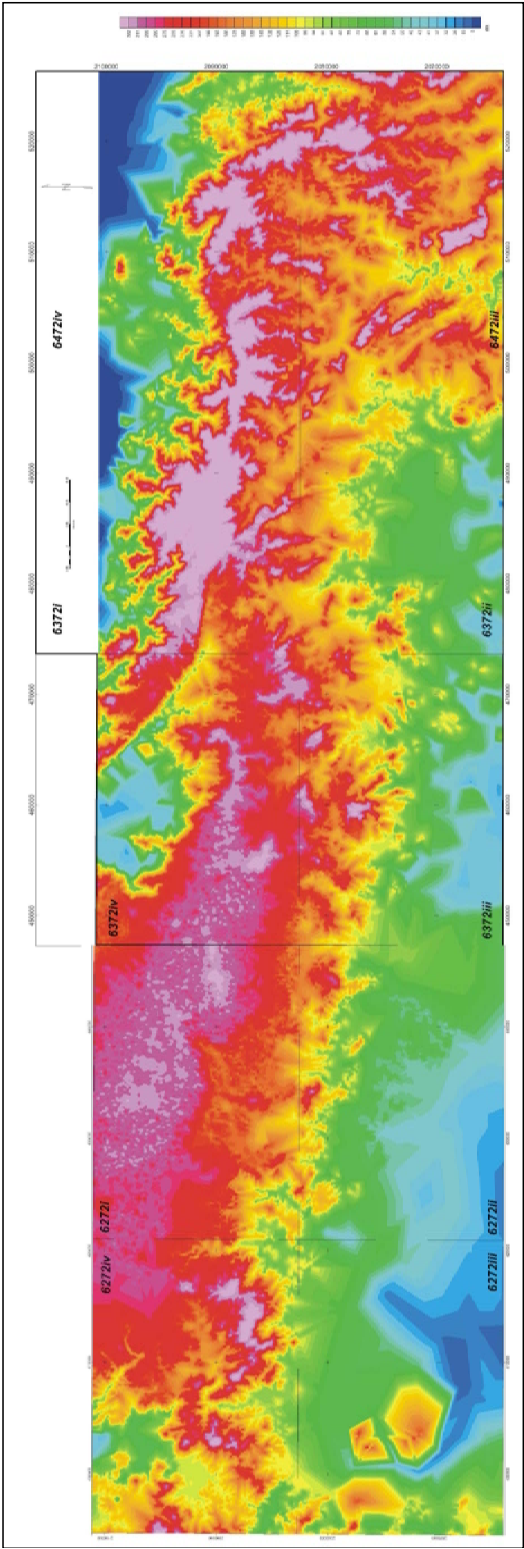


Fig 1.2.1

Dominios fisiográficos de la RD

FIG. 1.2.2. MODELO DIGITAL DEL PROYECTO L-ZONA ESTE



La región de Los Haitises constituye un dominio muy peculiar, a modo de superficie estructural modificada por una intensísima acción de los procesos de karstificación. Sus máximas cotas, que pueden llegar a 400 m (Fig. 1.2.2), coinciden con los restos de la superficie, integrados por la cumbre de una multitud de cerros (*hums* o haitises) entre los que se intercala un enjambre de dolinas, configurando un espectacular relieve en “caja de huevos” (*cockpits*). Pese al basculamiento de la superficie hacia el norte, las máximas elevaciones no se encuentran en el borde meridional, donde la disolución parece haber sido más intensa y predominan las cotas cercanas a 200 m, a pesar de lo cual su relieve se confunde con el de las estribaciones de la sierra de Yamasá. En el seno de la superficie “emerge” un reducido número de elevaciones, la mayor de las cuales alberga la máxima elevación de la Hoja (467 m en La Deseada).

El principal rasgo fisiográfico de la Hoja es, con mucho, la intensa karstificación que afecta a las superficies estructurales de la región de Los Haitises y que ha dado lugar a un típico karst tropical.

La red de drenaje está integrada por un reducido número de ríos y arroyos de carácter permanente debido a la elevada pluviometría de la región, todos ellos concentrados en los sectores meridional y oriental, ya que el entramado kárstico de los Haitises impide un funcionamiento normal de la esorrentía superficial. En este sector, la sierra carece de su carácter de divisoria, siendo surcada por cursos de afinidad caribeña que tienen su origen en el ámbito meridional de Los Haitises; todos los cursos de la red vierten sus aguas hacia el sur, destacando entre ellos el río Comate y su afluente Comatillo, que alberga un espectacular salto de agua.

La región posee un típico clima tropical (De la Fuente, 1976), suavizado por su carácter insular, con temperaturas medias de 26° C, precipitaciones anuales de 2.000 mm y frecuente presencia de tormentas tropicales y huracanes, especialmente concentrados entre septiembre y octubre; las variaciones estacionales son ligeras, siendo algo más acusadas las diarias. Sobre este patrón general, se aprecian muy pequeñas variaciones entre el dominio de la Llanura Costera y el resto de la zona, con valores de precipitación inferiores al promedio en el sector meridional y ligeramente superiores en el septentrional, observándose la pauta inversa en las temperaturas. En cuanto a la evapotranspiración potencial, sus valores se sitúan en torno a 1.500 mm/año.

En general, tanto la sierra como la región de Los Haitises se caracterizan por una exuberante vegetación típicamente tropical; no obstante, en los bordes de esta región han proliferado los cultivos de caña, en tanto que en la sierra, las variaciones litológicas condicionan directamente su cobertura vegetal, observándose algunas áreas totalmente descubiertas.

Se trata de una región escasamente poblada, con áreas prácticamente deshabitadas, como Los Haitises. Sus habitantes se concentran principalmente en el sector suroccidental, situado bajo el ámbito de influencia de Monte Plata, donde destaca la localidad de Antón Sánchez; el resto, se agrupan en una serie de aldeas y bateys localizados en la periferia de Los Haitises. Su actividad se centra casi exclusivamente en la agricultura.

La red de comunicaciones es bastante precaria, basándose en un pequeño número de carreteras y pistas en mal estado, distribuidas por los sectores meridional y occidental, de modo que la mayor parte de la mitad septentrional aparece como una región impenetrable.

1.3. Marco geológico

El estilo fisiográfico de la Hoja de Antón Sánchez refleja sólo parcialmente su estructura geológica. Por una parte, la plataforma carbonatada de Los Haitises coincide rigurosamente con el dominio geográfico del mismo nombre, cuya fisonomía refleja fielmente la karstificación desarrollada sobre la superficie de la plataforma. Por otra, los relieves de la sierra de Yamasá, perteneciente al dominio geológico de la Cordillera Oriental, está constituida por materiales cretácicos y paleógenos intensamente deformados y afectados por intrusiones ígneas; pese a ello, aparece como un dominio de relieve poco vigoroso, a diferencia de otros sectores de la cordillera (Figs. 1.3.1 y 1.3.2).

La Cordillera Oriental está integrada principalmente por rocas cretácicas generadas en un ambiente de arco insular. Dentro de la Hoja presenta una estratigrafía bastante completa, con extensos afloramientos volcánicos y volcano-sedimentarios de la Fm Los Ranchos (Cretácico Inferior) sobre la que se dispone el conjunto sedimentario y volcano-sedimentario de la Fm Las Guayabas (Cretácico Superior), si bien localmente se interpone entre ellos la Fm Hatillo; regionalmente, el conjunto se encuentra afectado por complejos intrusivos, de los cuales, en esta Hoja solo aflora, rodeado por materiales plio-cuaternarios, el que intruye en el núcleo de la Fm Los Ranchos. Discordante sobre la Fm Las Guayabas aparece, en el

sector meridional, el típico conjunto conglomerático de la Fm Don Juan. La estructura interna de la cordillera muestra una disposición monoclinal hacia el SO, afectada por una red de fracturas de orientaciones NO-SE, E-O y NE-SO, generada desde comienzos del Terciario.

La plataforma carbonatada plio-cuaternaria de Los Haitises es el resultado del desarrollo arrecifal en torno a una incipiente Cordillera Oriental configurada a modo de isleos a finales del Terciario; su progresiva emersión provocó el retroceso de los complejos arrecifales hasta su posición actual. Sus depósitos se disponen discordantemente sobre los materiales cretácico-paleógenos, y están constituidos por las margas con intercalaciones calcáreas de la Fm Yanigua a las que se superponen las calizas arrecifales de la Fm Los Haitises en la región del mismo nombre.

Los sedimentos cuaternarios aparecen moderadamente representados, destacando entre ellos los depósitos kársticos de la región de Los Haitises y los de origen fluvial.

1.4. Antecedentes

Las primeras observaciones geológicas válidas actualmente datan de finales del siglo XIX, cuando Gabb (1881) realizó un corte transversal de la Cordillera Oriental en el que interpretó correctamente la existencia de un sustrato de rocas cretácicas y una cobertera delgada discordante de rocas terciarias. Entre las décadas de los años sesenta y ochenta tuvo lugar un notable impulso de los conocimientos geológicos de la República Dominicana, merced a la elaboración de una serie de tesis doctorales de carácter regional, entre las que cabe señalar las de: Bowin (1960), sobre el sector central de la República Dominicana; Mann (1983), centrada en aspectos estructurales y estratigráficos de La Española y Jamaica; Boisseau (1987), que precisa la estructura del flanco nororiental de la Cordillera Central; Mercier de Lepinay (1987), que desarrolla un ambicioso estudio estratigráfico y estructural de la isla a fin de establecer su interpretación geodinámica; De Zoeten (1988), que trata sobre la estratigrafía y la estructura de la cordillera Septentrional; Dolan (1988), que aborda la sedimentación paleógena en las cuencas orientales de las Antillas Mayores; y Heubeck (1988), centrado en la terminación suroriental de la Cordillera Central.

FIG. 1.3.1. ESQUEMA GEOLÓGICO DE LA ESPAÑOLA
(Actualizado con las cartografías de los Proyectos C, L y K del Programa SYSMIN)

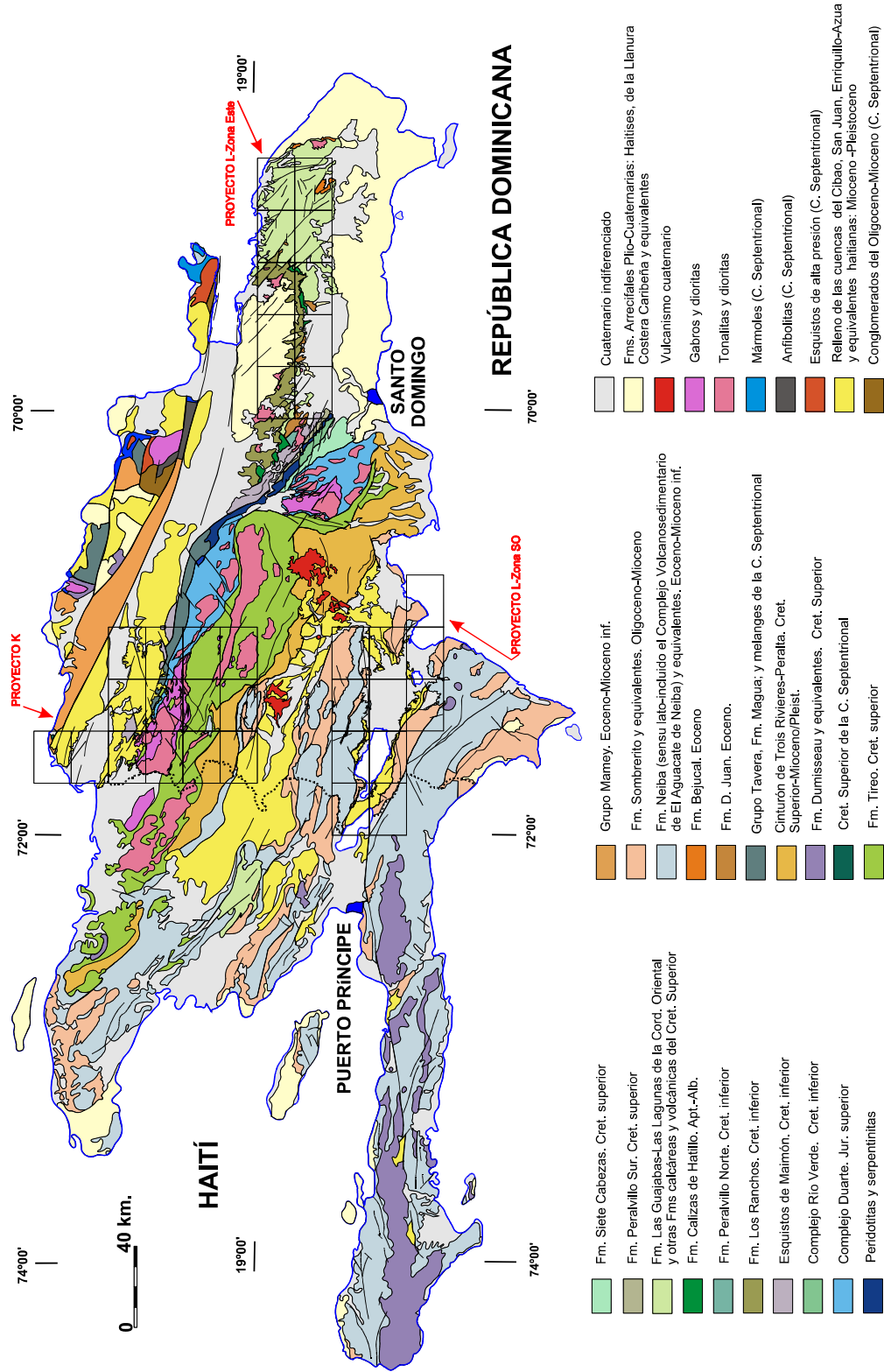
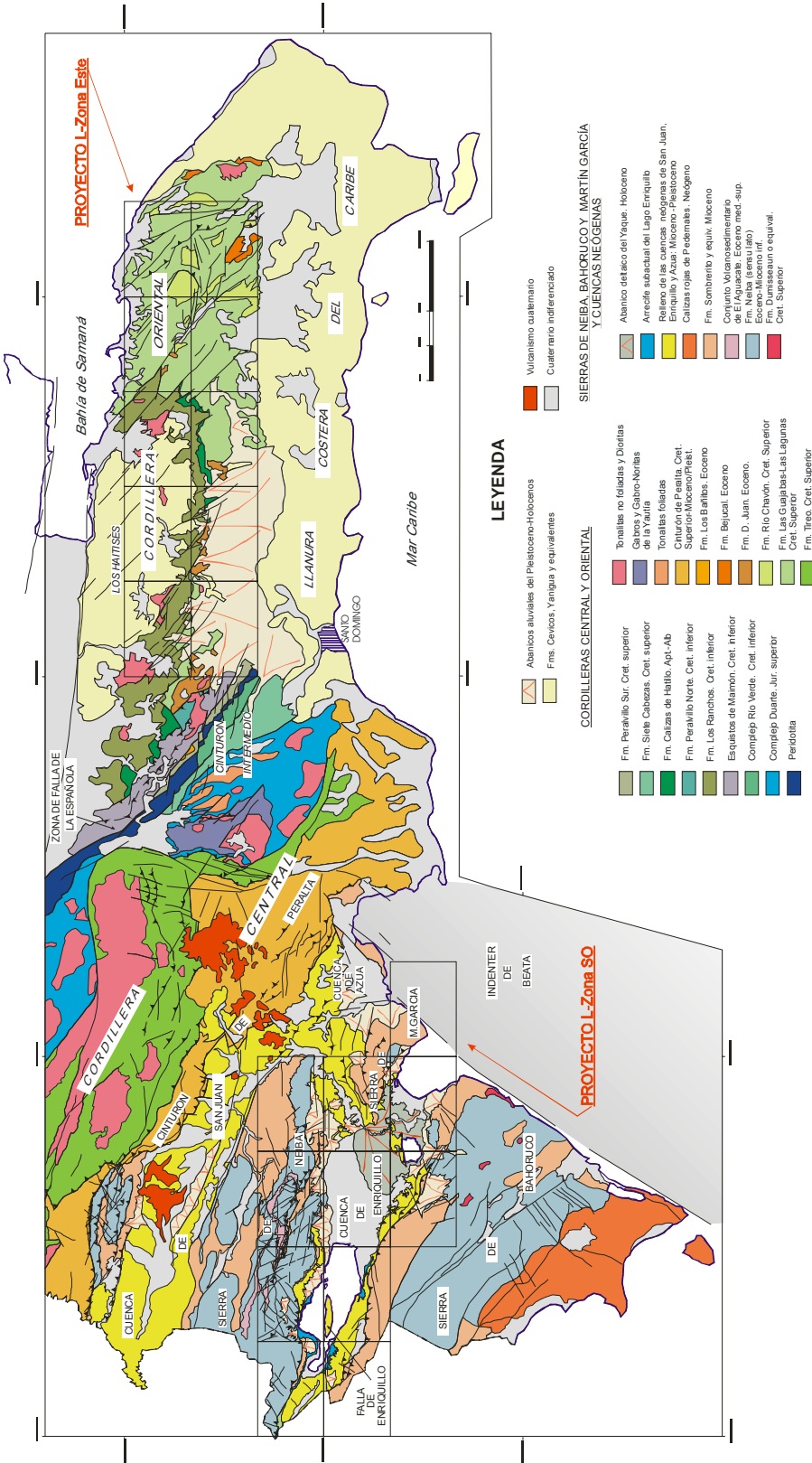


FIG. 1.3.2. ESQUEMA GEOLÓGICO REGIONAL DE LA MITAD MERIDIONAL DE LA REPÚBLICA DOMINICANA: CORDILLERAS CENTRAL Y ORIENTAL, SIERRAS DE NEIBA, BAHORUCO, MARTÍN GARCÍA Y CUENCAS NEOGENAS DE SAN JUAN, ENRIQUILLO Y AZUA



En cualquier caso, es la tesis de Bourdon (1985) la que aportó un detalle considerable al conocimiento de la Cordillera Oriental, principalmente en los aspectos estratigráficos, paleontológicos y en la petrología de las rocas ígneas; además, el mapa geológico a escala 1:100.000 que la acompaña representa las formaciones más significativas, y ha sido reproducido con pocos cambios en las cartografías de síntesis posteriores.

Entre éstas, a la realizada por la Organización de Estados Americanos a escala 1:250.000 (Blesch, 1966), hay que añadir la elaborada a la misma escala, pero con un detalle y calidad superiores, por la Dirección General de Minería y el Instituto Cartográfico Universitario en colaboración con la Misión Alemana (DGM-BGR 1991). Otra notable cartografía de síntesis acompaña a la recopilación de artículos que integran el trabajo de Mann *et al.* (1991a) para la Sociedad Geológica de América y que supone una auténtica puesta al día de los conocimientos geológicos acerca de La Española y por tanto, un documento básico para trabajos posteriores. En esta última recopilación de artículos existen algunos que afectan de forma específica a diversos aspectos estratigráficos y estructurales de la región; entre ellos cabe destacar los de Mann *et al.*, en el que se abordan los principales aspectos geodinámicos de La Española y los de Kesler *et al.*, (a y b) en los que se resumen las edades de las rocas intrusivas del sector dominicano de la isla y se propone un esquema estratigráfico para la Fm Los Ranchos.

Los escasos estudios temáticos de la Cordillera Oriental se centran en aspectos geoquímicos de las rocas ígneas aflorantes en ella, destacando el informe interno de Falconbridge-Dominicana (1988), basado en el interés minero de la Fm Los Ranchos y el estudio de los materiales volcánicos del Cretácico Superior de Lebrón y Perfit (1994) en el marco de una integración petrogenética y geoquímica del Cretácico caribeño.

La región de Los Haitises ha despertado cierto interés por la presencia de ámbar en el seno de la Fm Yanigua. Entre las publicaciones más destacadas relativas al tema, se encuentran las de Brower y Brower (1982), Toloczy y Ramírez (1991), Iturralde (2001) en las que se aportan datos de tipo estratigráfico, paleontológico, paleogeográfico y mineralógico. Durante el Proyecto C de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, se realizó un estudio monográfico de la minería del ámbar donde se trataron los aspectos concretos de estas labores en la región (Espí, 2000).

En cuanto a los estudios de índole geomorfológica, son escasos, al igual que en el resto de la República Dominicana. De entre ellos, hay que resaltar el libro Geografía Dominicana (De la Fuente, 1976), que además de aportar una abundante cantidad de datos geográficos e ilustraciones, apunta numerosas consideraciones de orden geomorfológico; sus denominaciones geográficas han servido de referencia durante la realización del presente trabajo.

Entre los trabajos más recientes es preciso señalar los desarrollados en sectores cercanos al oeste con motivo del Proyecto C de Cartografía Geotemática en la República Dominicana (Hernaiz Herta y Draper, 2000; Martín Fernández y Draper, 2000), que suponen un considerable avance en el conocimiento geológico de la región, no sólo desde un punto de vista cartográfico, sino también por el tratamiento sistemático de su estratigrafía, tectónica, geomorfología, petrología y geología económica. Por último, merece la pena destacar la recopilación de artículos elaborados a partir de la información acumulada en dicho proyecto (Pérez-Estaún *et al.*, 2002), de entre los que cabe señalar el de Escuder-Virueite *et al.*, en el que se abordan aspectos estratigráficos, petrográficos y geoquímicos de los materiales cretácicos de un sector cercano a la zona de estudio.

2. ESTRATIGRAFIA

En la Hoja a escala 1:50.000 de Antón Sánchez afloran rocas plutónicas, volcánicas, volcanosedimentarias y sedimentarias, que pueden agruparse en dos grandes conjuntos:

- Materiales cretácicos, que configuran la morfoestructura de la cordillera Oriental. Se trata de una sucesión muy potente de materiales ígneos y sedimentarios, en ocasiones afectados por un suave metamorfismo.
- Materiales cenozoicos, que aparecen sobreimpuestos a los anteriores, a modo de tapiz de espesor variable, constituyendo la mayor parte de los afloramientos de la Hoja.

2.1. Cretácico

Conforme a lo observado en el resto de la cordillera, en el registro estratigráfico del Cretácico de la Hoja de Antón Sánchez se distingue un Cretácico Inferior, representado por la Fm Los Ranchos, y un Cretácico Superior, representado por la Fm Las Guayabas; entre ambas se dispone la Fm Hatillo, de edad Aptiano-Albiano. La cartografía también registra intrusiones de rocas plutónicas en la Fm Los Ranchos que se describen en primer lugar (Fig. 2.1.1).

En el presente capítulo de Estratigrafía se describen exclusivamente las características de campo o a escala de afloramiento de estas formaciones, mientras que sus descripciones petrográficas más detalladas, se incluyen en el capítulo de Petrología. En este capítulo también se resumen las principales conclusiones obtenidas en los estudios geoquímicos. Por último, en el mismo capítulo de Petrología se resumen los resultados de las nuevas dataciones absolutas obtenidas durante el transcurso del presente trabajo

This geological map of the Iberian Peninsula illustrates the distribution of various tectonic units and structural features. The map is color-coded to represent different geological formations, with labels such as I, II, III, IV, V, VI, VII, and VIII indicating specific units. Key structural features include the Betic Cordillera, the Iberian Massif, and the Central Massif. The map also shows the Atlantic Ocean to the west and the Mediterranean Sea to the east. A scale bar in kilometers (0 to 100) is provided in the bottom right corner.



2.1.1. Rocas intrusivas

Se trata de dos afloramientos de tonalitas completamente rodeados por las calizas de los Haitises, por lo cual se desconoce su verdadera extensión. No obstante, no hay dudas de que forman parte del cortejo de cuerpos tonalíticos que intruyen en el núcleo de la Fm Los Ranchos y que con dirección E-O se extiende por las Hojas contiguas de Sabana Grande de Boyá y el Valle donde forman *stocks* de dimensiones considerables (tonalitas de El Valle, de Sabana Grande y de Cevicos-Zambrana). Estas intrusiones producen importantes anomalías en el mapa aeromagnético (ver Fig. 4.2.3) que se prolongan hacia el norte bajo la cobertera de la caliza de Los Haitises, sugiriendo su posible conexión en profundidad.

2.1.1.1. Tonalitas (1). Cretácico Inferior

En el afloramiento más occidental la tonalita aparece casi completamente alterada a un suelo laterítico; por tanto la descripción de las facies de campo que sigue a continuación (y la petrográfica del apartado 3.1.1) procede de las observaciones realizadas (y de las muestras recogidas) en el afloramiento oriental del pico de La Deseada al que se accede tras atravesar (en montura o a pie) el Parque Natural de Los Haitises.

En este afloramiento la tonalita se presenta con facies bastante homogéneas. Se trata de una roca ígnea granuda, plutónica cuarzo-plagioclásica, de grano medio a grueso, sin fábricas aparentes y con hornblenda y biotita como minerales ferromagnesianos. Petrográficamente se clasifica como una tonalita hornblendica-biotítica de textura isótropa.

La edad de estas intrusiones es objeto de discusión. Por una parte, los estudios geoquímicos realizados en el transcurso del presente proyecto (ver apartado 3.2.1) sugieren, como ya apuntara Boudon (1985), su relación genética con el vulcanismo de la Fm Los Ranchos. Las dataciones absolutas realizadas por el método $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ (en roca total) en trabajos previos, arrojan un abanico de edades entre 83 y 100 Ma, propias del Cretácico Superior (Bourdon, 1985; Bellon *et al.*, 1985, Kesler *et al.*, 1991b). Sin embargo, las determinaciones radiométricas realizadas por el método Ar/Ar (en hornblendas) en muestras recogidas en este proyecto (ver apartado 3.3) han dado un abanico de edades de 109 ± 5 a

121±5 Ma, que confirman su emplazamiento durante el Cretácico Inferior y la citada relación genética con el vulcanismo de la Fm Los Ranchos

2.1.2. Cretácico Inferior

El Cretácico Inferior está representado por la Fm Los Ranchos, eminentemente constituida por materiales volcánicos, y por la Fm Hatillo, de naturaleza calcárea, que se dispone discordante sobre la anterior. Se presentan a continuación por este orden, con una referencia inicial a aspectos generales de la Fm Los Ranchos previa a la descripción detallada de sus unidades cartográficas; posteriormente se describe la Fm Hatillo.

La formación Los Ranchos fue definida por Bowin (1966) en los alrededores del célebre yacimiento de oro de Pueblo Viejo⁽¹⁾, del que constituye la roca encajante. Está débilmente metamorfozada (facies prehnita-pumpellita), y localmente se halla intruida por batolitos de composición tonalítica. Es una formación volcánica que representa un arco primitivo de islas de edad Cretácico Inferior.

(1) Encajada en la Formación Los Ranchos, la mina de Pueblo Viejo es un yacimiento epitermal de alta sulfuración de Au-Ag. Entre los años 1975 y 2000 la explotación de la parte oxidada del yacimiento produjo cerca de 5.5 Moz de oro y 25 Moz de plata. En cuanto a la parte sulfurada, los cálculos más recientes indican reservas de 200 Mt @ 2.95 g/t Au et 18 g/t Ag, o sea, cerca de 20 Moz de oro y más de 100 Moz de plata. Por sus pasadas producciones, así como por el estado de sus reservas, Pueblo Viejo se sitúa entre los más importantes yacimientos de oro y plata del mundo.

A la escala de la Cordillera Oriental (Fig. 1.3.2 y 2.1.1), la Fm Los Ranchos dibuja un afloramiento en forma de media luna curvada hacia el norte, de unos 100 km de largo por 10-15 km de ancho. Hacia el oeste, en la región de Cevicos y Cotuí, desaparece bajo el cabalgamiento de Hatillo. Al este, en la región de El Valle y Sabana de la Mar, la formación se inclina hacia el norte y se interrumpe contra la falla de desgarre del Yabón. Hacia el norte queda en parte oculta por los sedimentos plio-pleistocenos de los Haïtises. Hacia el sur se sumerge en el subsuelo con una inclinación elevada y es cubierta por la caliza de Hatillo (Albiano-Aptiano) o, en ausencia de éstas, por las areniscas de la Fm Las Guayabas (Cretácico Superior).

En (1991a), Kesler *et al.* propusieron una organización litostratigráfica formal basada en trabajos de cartografía realizados en la periferia del yacimiento de Pueblo Viejo. En el citado trabajo la Fm Los Ranchos se divide en 6 miembros que, de base a techo, son los siguientes: 1) El Mb Cotuí, formado por flujos de lavas submarinas de composición basáltica;

2) el Mb Quita Sueño, formado por lavas, depósitos piroclásticos y series intrusivas ácidas, representa un episodio de vulcanismo ácido; 3) el Mb Meladito, caracterizado por potentes acumulaciones de rocas volcano-clásticas de origen sedimentario; 4) los miembros Platanal y Naviza, dominados por basaltos y andesitas, que corresponden a un nuevo episodio eruptivo; 5) a techo se encuentran brechas pertenecientes al Mb Zambrana y 6) sedimentos volcanoclásticos finos del Mb de Pueblo Viejo. Estos dos últimos miembros forman, conjuntamente, el encajante principal del yacimiento aurífero, y se han interpretado como el relleno de una caldera volcánica. La atribución al Neocomiano de la Fm Los Ranchos se basa en floras contenidas en los niveles finos limo-areniscos y carbonatados del Mb Pueblo Viejo (Smiley, 1982).

Recientemente Nelson (2000) ha cuestionado la aparente simplicidad de la sucesión vertical descrita, basándose en la cartografía detallada del entorno del distrito minero y en la interpretación de sondeos en el yacimiento de Pueblo Viejo. Para Nelson existen únicamente tres facies principales más o menos sincrónicas, que se interdigitan con un patrón que dista de ser una sucesión estratiforme simple: 1) volcanitas de composición andesítica, incluyen términos lávicos, piroclásticos e intrusivos; 2) rocas epiclásticas, con brechas de tamaño grueso y tobas medias y finas. En este conjunto la facies más gruesa corresponde al Mb Meladito y la más fina al Mb Pueblo Viejo; y 3) volcanitas ácidas de composición dacítica con intercalaciones de rocas piroclásticas. Todas estas facies se consideran en términos generales contemporáneas. Las epiclastitas se interpretan como el resultado del desmantelamiento de domos, coladas y productos piroclásticos de composición andesítica o dacítica, distribuidas en la periferia de los centros emisivos. El modelo de facies de este autor es un intento de explicar la relación lateral de las diferentes facies y las variaciones bruscas de potencia que presentan.

La comparación de los trabajos de Kesler *et al.* (1991a) y Nelson (2000) realizados en el distrito de Pueblo Viejo, muestra las dificultades de levantar la estratigrafía de las rocas de un arco de islas a la escala de una cordillera con importante cubierta vegetal, como es el caso de la Cordillera Oriental. En las cartografías previas a escala 1:100.000 (Bourdon, 1985; Special Paper 262 - plates 2B et 3») no se hace distinción alguna dentro de la Fm Los Ranchos, que se representa como «indiferenciada». En las cartografías a escala 1:50.000 realizadas en el presente Proyecto L- Zona Este del Programa SYSMIN (2003-2004), la Fm Los Ranchos se ha reconocido en las Hojas de Sabana Grande de Boyá, Monte Plata, Antón Sánchez, Bayaguana, El Valle, Hato Mayor del Rey y Miches, cubriéndose la práctica

totalidad de los afloramientos de esta formación en la Cordillera Oriental dominicana. Las diferentes unidades cartografiadas en estas Hojas se pueden agrupar, de forma tentativa, en tres conjuntos principales, con categoría de miembros informales:

- Un **miembro inferior** caracterizado en las Hojas de Sabana Grande y de El Valle por brechas piroclásticas poligénicas con frecuentes intercalaciones de niveles de lava básica (basalto y en menor proporción andesita), así como por horizontes volcánico-clásticos finos bien estratificados. Las brechas afloran generalmente exfoliadas en bolos de tamaño métrico y presentan una variada granulometría, textura y composición. El muro del conjunto no es conocido, puesto que en él intruyen las tonalitas, pero se estima una potencia superior a 1500 metros.
- Un **miembro intermedio**, bien individualizado en las Hojas de Sabana Grande, Bayaguana, y en menor medida en Hato Mayor y El Valle; que se compone de lavas ácidas, dacíticas y riodacíticas y productos asociados piroclásticos tobáceos y epiclastitas de dominancia ácida. El espesor de esta unidad varía según los sectores: lenticular en la Hoja de El Valle, puede alcanzar más de 1000 metros en las Hojas de Sabana Grande y Bayaguana. Es una unidad muy característica sobre el terreno, dada su composición y el color beige-amarillento a rosáceo de las rocas constituyentes. También presenta una cobertera vegetal distintiva producto de su naturaleza silícea.
- Un **miembro superior** compuesto por materiales piroclásticos andesíticos, principalmente brechas y aglomerados monogénicos, que incluyen intervalos masivos más o menos importantes de andesitas y basaltos porfídicos. Estos últimos están bien definidos en la Hoja de Bayaguana (El Pan de Azúcar), en Hato Mayor del Rey, y en el ángulo SE de la Hoja de El Valle, justo bajo la discordancia de la Fm calizas de Hatillo. En la Hoja de Hato Mayor, el techo de este miembro contiene adicionalmente espesores variables de brechas líticas subredondeadas de origen sedimentario y lavas basálticas con almohadillas.

En la transversal suroccidental de la Hoja de Antón Sánchez, que se complementa con los afloramientos contiguos de las Hojas de Monte Plata y Bayaguana, la Fm Los Ranchos aflora con buzamiento al S-SO formando la siguiente secuencia de unidades:

- **Unidad brechoide inferior** (unidad cartográfica N° 2). Con muro no visible y más de 5.000m de espesor, consiste en un conjunto de brechas volcánicas, de fragmentos de rocas ácidas y básicas y matriz esencialmente básica, con intercalaciones de *debris flow* y de niveles volcanoclásticos de grano fino/medio bien estratificados.
- **Unidad riodacítica inferior** (3 y 4). En la parte media y alta de la unidad anterior se intercalan o intruyen términos ácidos formados por coladas riodacíticas con niveles volcanoclásticos asociados y numerosos pitones o domos subvolcánicos. su espesor se estima en unos 1000 m.
- **Unidad basáltica intermedia** (5). En contacto, no visible, unas veces con el conjunto de brechas y otras, con los términos ácidos descritos anteriormente y, aparentemente, con su mismo buzamiento al SO, se dispone un conjunto de unos 800-1.200m de espesor, de basaltos masivos de tonos muy oscuros, con ocasionales niveles brechoides de la misma composición.
- **Unidad riodacítica superior** (6). Sobre la anterior unidad, aflora un nuevo tramo de rocas ácidas bien estratificado, igualmente con buzamiento al S-SO, esencialmente formado por coladas y productos volcanoclásticos (piroclastos) de composición riodacítica. Su espesor aproximado es de 50-100m.
- **Unidad basalto-andesítica superior** (7). Culmina la secuencia un conjunto de andesitas, basaltos andesíticos y basaltos masivos (700 m de espesor).

Esta secuencia de unidades identificada en la Hoja de Antón Sánchez no es directamente correlacionable con la definida por Kesler *et al.* (1991a) en la zona de Pueblo Viejo ni con la propuesta informal en miembros que se sugiere en este proyecto para el conjunto de la Cordillera Oriental, pero presenta ciertas similitudes con ambas. Así, en el primer caso, la unidad brechoide inferior (2) y la unidad basáltica intermedia (5) tienen características muy parecidas y la misma relación estratigráfica que los miembros Meladito y la Naviza de Kesler *et al.* (1991a). En el segundo caso, la unidad brechoide inferior (2) se puede equiparar, en términos generales, al miembro inferior; las dos unidades riolíticas o riodacíticas (3-4 y 6), al miembro intermedio; y la unidad andesítica superior (7), al miembro superior.-

2.1.2.1. Fm Los Ranchos (2). Unidad brechoide inferior (¿Mb Meladito?). Brechas volcánicas (de fragmentos de rocas ácidas y básicas y matriz esencialmente básica), con intercalaciones de *debris flow* y de niveles volcanoclásticos de grano fino/medio bien estratificados. Cretácico Inferior. K₁

Esta unidad basal de la Fm Los Ranchos se distribuye por la mitad meridional de la Hoja de Antón Sánchez, semicubierta por las margas de la Fm Yanigua o la caliza de los Haitises, que impiden reconocer su muro. Con un buzamiento generalizado al SO, apreciable en la mayor parte de sus afloramientos, se estima que su espesor visible supera los 5.000 m. Un corte relativamente completo de la unidad, aunque con afloramientos parciales, se puede realizar, en el sector central de la Hoja, atravesando a pie la loma que une, en sentido norte-sur, los Javieles con el Mogote. Otros puntos donde se pueden hacer observaciones aceptables son los afloramientos que hay al sur de Sabana del Estado, Rincón Naranjo y Trinidad, respectivamente.

La unidad se distingue por su naturaleza fragmentaria o brechoide. En el mencionado corte de Los Javieles a El Mogote se observan fundamentalmente tres tipos de facies:

- Brechas piroclásticas, formadas por fragmentos angulosos de orden milimétrico a centimétrico de rocas esencialmente básicas (basaltos y tobas de composición basáltica) y, en menor medida, intermedias o ácidas (estas últimas muy subordinadas), además de numerosos fragmentos líticos. Los fragmentos están englobados por una matriz de naturaleza igualmente fragmentaria de tamaño milimétrico o menor que, típicamente, es de composición básica y se presenta generalmente alterada a tonos grises o verdosos. Esta litología forma tramos de espesor considerable, métrico o decamétrico en los que generalmente es difícil apreciar su buzamiento. Su erosión o alteración da una característica disyunción en bolos, algunos de los cuales alcanzan tamaños considerables y destacan en el paisaje
- Brechas epiclásticas con niveles de *debris*. Son brechas en las que los fragmentos, alcanzan tamaños de hasta 1 m con una media de 5 a 10 cm y la matriz es siempre de tamaño muy grueso.. La composición de los fragmentos y la matriz es similar a la expuesta anteriormente, en todo caso con mayor abundancia de fragmentos líticos, entre los que se pueden apreciar con frecuencia epiclastitas. Por alteración

adquieren tonalidades marrones. En contraste con las facies anteriores, los fragmentos se presentan relativamente redondeados, especialmente en la matriz. Internamente estas facies se organizan en niveles decimétricos a métricos, a veces con carácter masivo, pero siempre es posible reconocer la estratificación y, en ocasiones, bases relativamente canalizadas, características todas en conjunto que sugieren su retrabajamiento con presencia de agua. Localmente se han observado intercalaciones de términos caóticos a modo de *debris*, formados por una matriz limolítica que engloba cantos y bloques desorganizados

- Una tercera facies de esta unidad corresponde a unas alternancias decimétricas de tobas de lapilli, tobas cineríticas, areniscas y limolitas que, formando tramos de 1 a 20 m de espesor afloran casi siempre intercaladas o relacionadas con las facies brechoides epiclásticas anteriores. En estas facies se han encontrado algunos intervalos de composición relativamente ácida (tobas dacíticas)

Estas tres facies se han reconocido en el resto de afloramientos de la unidad en la Hoja de Antón Sánchez. No parece que entre ellas exista una relación estratigráfica determinada sino que se alternan repetidamente en la serie. En cualquier caso, en el mencionado corte de Los Javieles a El Mogote las facies de brechas epiclásticas con *debris* y con frecuentes intercalaciones de tobas de lapilli y cineríticas bien estratificadas, predominan en el mitad septentrional (inferior) de la serie, mientras que las brechas piroclásticas lo hacen en la mitad meridional (superior).

Por su similitud litológica y ocurrencia en la parte baja de la sucesión volcánica de la Fm Los Ranchos esta unidad se podría correlacionar, de forma tentativa con el Mb Meladito de la zona de Pueblo Viejo. Así mismo, a *grosso modo* coincide con el miembro inferior definido de manera informal en el ámbito de este proyecto.

2.1.2.2. Fm Los Ranchos. Unidad riodacítica inferior. Coladas riodacíticas con niveles volcanoclásticos subordinados y rocas subvolcánicas asociadas (3). Cuerpos riodacíticos subvolcánicos o intrusivos (4). Cretácico Inferior. K₁

Esta unidad riodacítica inferior aflora intercalada o intruida en la mitad media y, sobre todo, superior de la unidad brechoide anteriormente descrita, en algunos casos inmediatamente por debajo de la unidad basáltica intermedia, aunque con ésta los contactos suelen estar

fallados. Su espesor oscila en torno a los 1000 m. Sus mejores afloramientos se reparten por la zona al sur de Sabana del Estado y Camarón, al este de Los Regueros y al SE de Sierra de Agua. Se trata de un conjunto de indudable composición ácida formado por coladas riodacíticas masivas con intervalos de niveles piroclásticos y epiclásticos, bien estratificados (3), entre los que se aprecian y se han cartografiado separadamente, cuando sus dimensiones así lo han permitido, cuerpos intrusivos o pitones de la misma composición (4). Estos últimos no sólo intruyen o están rodeados por los mencionados productos lávicos o volcanoclásticos ácidos, de los que se supone son su fuente de alimentación, si no que también lo hacen individualmente en la propia unidad brechoide basal en cuyo caso dan un acusado resalte por el contraste en la competencia de sus materiales.

A escala de afloramiento las coladas se presentan con un aspecto masivo y tonos claros, a veces verdosos por la cloritización de la matriz, que suele ser afanítica y dentro de la cual destacan los fenocristales de tamaño milimétrico y perfil rectangular de feldespato, y más esféricos, subangulosos, de cuarzo. Aunque no es frecuente en esta unidad, en algunos afloramientos se han observado intercalaciones subordinadas de espesor decimétrico de tobas piroclásticas, composicionalmente similares a las lavas, en este caso sin apenas matriz, a las que se asocian niveles epiclásticos laminados de tufitas, tobas cineríticas y limolitas. En estos últimos niveles se suele reconocer la estratificación que, en todos los casos presenta la misma actitud con buzamiento hacia el SO observada en la unidad brechoide basal. Los pitones o cuerpos intrusivos muestran a la mesoescala texturas subvolcánicas típicas con un entramado de cristales de feldespato y cuarzo sin apenas matriz. En este entramado el tamaño de los cristales varía desde milimétrico o menor hasta centimétrico

Si bien no hay dudas sobre la ya mencionada relación genética entre las tres litologías que integran esta unidad, más interrogantes plantea su relación con la unidad brechoide basal: por una parte, los contactos intrusivos indican su posterioridad respecto a ésta; pero por otra, los términos lávicos o volcanoclásticos ácidos parecen intercalados o coexisten con los tramos altos de la unidad brechoide y por tanto serían coetáneos con ellos. Tampoco hay evidencias de una posible conexión entre este tramo riodacítico inferior y el superior; más bien al contrario, la cartografía sugiere que son dos eventos volcánicos ácidos separados en el tiempo por un periodo de emisiones basálticas (tramo basáltico intermedio –5–).

2.1.2.3. Fm Los Ranchos (5). Unidad basáltica intermedia. (¿Mb La Naviza?) Basaltos masivos con intercalaciones locales de niveles brechoideos. Cretácico Inferior. K₁

La unidad basáltica intermedia aflora a techo de las dos unidades anteriores, con contactos con ellas no observables, generalmente rectilíneos, que se han interpretado en la cartografía como fallas. Su estructura interna muy masiva no permite la observación de buzamientos, pero los medidos en las unidades infra y suprayacentes, muy coherentes entre sí, permiten suponer que esta unidad forma parte de la secuencia volcanoestratigráfica de la Fm Los Ranchos en esta transversal de la Hoja de Antón Sánchez. Su espesor se estima en 800-1200 m. Aflora bien, pero muy alterada, a lo largo de la carretera de Dajao a Sabana del Estado, especialmente en la cantera que hay al culminar el puerto a la altura de El Chivo, pero las mejores observaciones en roca fresca se han realizado en diversos arroyos que la atraviesan a ambos lados de la citada carretera.

Los basaltos presentan un aspecto masivo de tonos negros u oscuros muy característico y uniforme en todos los afloramientos. En muestras de mano la roca tiene una textura afanítica dentro de la que destacan, aunque no siempre, algunos pequeños fenocristales de minerales máficos. Localmente se han observado facies fragmentarias de tamaño medio (5 a 20 cm) producidas por la autobrechificación de la roca original. Más frecuentes son las facies subvulcánicas diabásicas o doleríticas formadas por un entramado de cristales milimétricos de plagioclasa y máficos, que se alteran con facilidad por meteorización.

Por sus características litológicas, a las que hay que añadir un alto grado de espilitización, reconocido al microscopio, y por su posición estratigráfica a techo de la unidad brechoide basal, esta unidad se podría correlacionar, tentativamente, al Mb La Naviza definido por Kesler *et al.* (1991a) en la zona del Pueblo Viejo. Sin embargo, la unidad desaparece cartográficamente hacia el NO y no se ha reconocido en la Hoja contigua de Sabana Grande Boyá por lo que esta correlación debe tomar con suma precaución.

2.1.2.4. Fm Los Ranchos (6). Unidad riodacítica superior. Alternancia bien estratificada de coladas riodacíticas y términos volcanoclásticos asociados. Cretácico Inferior. K₁

Esta unidad aflora estratigráficamente por encima de la unidad basáltica anterior. Su mejor y casi único afloramiento en la Hoja se localiza en una pequeña cantera situada al pie de la carretera de Dajao a Sabana del Estado, inmediatamente antes de comenzar la subida al

puerto. Desde esta zona, la unidad se sigue bien, aunque con afloramientos parciales, hacia el oeste y se vuelve a cortar, ya en el ámbito de la Hoja de Sabana Grande de Boyá en varias canteras y cortes de carretera de las inmediaciones del pueblo de Boyá. La unidad tiene, por tanto, cierta continuidad cartográfica que, junto con su buzamiento persistente al S-SO, permite utilizarla como nivel de referencia.

En la cantera citada la unidad aflora, incompleta, con un espesor superior a los 50 m. En la parte inferior (primeros 20-25 m) de la serie aflorante predominan los términos correspondientes a flujos lávicos, que, con aspecto masivo, se organizan en varias capas de 2 a 3 m de espesor. En muestra de mano, la roca está constituida por una matriz criptocristalina de tonos rojizos a verdosos por alteración, dentro de la cual destacan fenocristales ideomorfos de 3 a 7 mm de feldespato y (algo menores) de cuarzo. En la parte superior de la serie aflorante (últimos 15-20 m) la unidad se organiza en niveles decimétricos bien estratificados que corresponden a alternancias de tobas piroclásticas, niveles epiclásticos y algunas lavas. Las tobas piroclásticas, de tamaño lapilli, presentan abundantes fragmentos líticos, generalmente de basaltos, y cristales de feldespato y cuarzo. Los niveles epiclásticos corresponden a tufitas, cineritas y limolitas laminadas que con frecuencia tienen granoclasificación interna. Los últimos metros visibles en la cantera corresponden de nuevo a flujos lávicos dispuestos en capas masivas, que parecen corresponder a la base de un nuevo ciclo (lavas en la base–piroclastos a techo) como el que se acaba de describir.

2.1.2.5. Fm Los Ranchos (7). Unidad basáltico-andesítica superior. Andesitas, basaltos andesíticos y basaltos masivos. Cretácico Inferior. K₁

Esta unidad culmina la secuencia de la Fm Los Ranchos en la transversal de las Hojas de Monte Plata y Antón Sánchez. En esta última Hoja aflora por encima de la unidad riodacítica superior en las inmediaciones de Dajao, y en la esquina SO, desde donde pasa a la Hoja contigua de Monte Plata. Su espesor máximo se estima en 700 m. El contacto con la formaciones suprayacentes, la caliza de Hatillo (muy discontinua, disminuida de espesor, o ausente) y la Fm Las Guayabas, en general no es visible o está fallado, pero se supone originalmente discordante.

La unidad se caracteriza por su mala calidad de afloramiento y no hay ningún corte digno de destacar de la misma. Su descripción corresponde a las observaciones realizadas en

afloramientos aislados. En general se presenta como una roca masiva, muy oscura en el caso de los basaltos o con tonalidades gris-verdosas, por alteración, en los términos andesíticos. En muestras de mano, son rocas afaníticas con micro fenocristales de máficos o plagioclasas. Localmente se han observado niveles de autobrechificación. Esporádicamente, también se han identificado términos piroclásticos, masivos o ligeramente estratificados que se caracterizan por la presencia de microcristales de plagioclasa y cuarzo y abundantes fragmentos líticos dentro de una matriz escasa. En estos términos la estratificación observada, no sin dificultad, sigue las mismas pautas regionales con buzamiento al sur

2.1.2.6. Fm Hatillo (8). Calizas masivas grises con rudistas. Aptiano-Albiano. K₁

Constituye una de las unidades más típicas de la Cordillera Oriental, donde se dispone entre las formaciones Los Ranchos y Las Guayabas (o su equivalente, la Fm Las Lagunas) con importantes cambios de espesor e incluso ausencias cartográficas que son especialmente notables al oeste de Bayaguana. Su denominación se debe a Bowin (1966), en base a los afloramientos de la localidad tipo, situada en el extremo occidental de la cordillera. 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 Fm Los Ranchos. En cuanto al techo, es un contacto discordante entre las calizas y las areniscas de granos volcánicos pertenecientes a la Fm Las Guayabas.

Dentro de la Hoja de Antón Sanchez, la Fm Hatillo aflora exclusivamente en el sector suroccidental, en las proximidades de la carretera que une Antón Sanchez con Dajao, donde forma una banda estrecha con contactos tectonizados o no visibles con las formaciones citadas. Se reconoce como un conjunto calcáreo de aspecto masivo, intensamente karstificada, en el que difícilmente se adivina la misma disposición monoclinal al S/SO observada en las formaciones infra y suprayacentes.

Aunque en sectores más orientales, en la Fm Hatillo se han reconocido diversas asociaciones litológicas (por ejemplo en la Hoja de Hato Mayor), en la Hoja de Antón Sanchez aparece exclusivamente bajo su aspecto más común, como calizas masivas con Rudistas y Corales, con un espesor superior a 100 m. Más en detalle, se trata de calizas masivas grises *wackestone*, con fauna de *Rudistas*, *Corales*, *Equinodermos*, *Gasterópodos*,

Lamelibranchios y *Orbitolínidos*. Su depósito se interpreta en la zona protegida de una plataforma de carbonatos.

En cuanto a su edad, Bourdon (1985) reconoció en el corte de la loma del Chivo (Hoja de Hato Mayor) microfauna del Aptiano terminal-base del Albiano; Rojas y Skelton (*com. pers.* en Escuder *et al.*, 2002) determinaron una edad Albiano Inferior-Medio por fauna de rudistas. De acuerdo con estas dataciones,, la unidad ha sido asignada al Aptiano-Albiano.

2.1.3 Cretácico Superior

En la Cordillera Oriental, el Cretácico Superior está representado por potentes series de rocas sedimentarias de procedencia volcánica entre las que se intercalan diversos episodios netamente volcánicos tanto en forma de flujos lávicos como de depósitos piroclásticos y epiclásticos. En el presente proyecto, la mayoría de estas series se han agrupado en la Fm Las Guayabas, que se ha redefinido a partir de la denominación original de Lebrón y Mann (1991). De acuerdo con esta redefinición los afloramientos de la Fm Las Guayabas se extienden entre el cabalgamiento de Hatillo que limita con la Cordillera Central y la costa este de la isla (Fig. 1.3.2 y 2.1.1). Entre Bayaguana y Monte Plata la formación 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 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 de desgarre que ponen en contacto rocas de diferentes edades y facies, dificultando la correlación.

Regionalmente, la secuencia del Cretácico Superior está limitada por dos discordancias. La inferior corresponde al contacto con la caliza de Hatillo, a la que parece erosionar, con saltos bruscos en su serie estratigráfica que coinciden con fallas. La superior es una discordancia bajo la Fm Don Juan (Eoceno) (Bowin, 1966; Bourdon, 1985) que trunca pliegues contractivos, llegando a erosionar a todo el Cretáceo Superior.

Pese a su relativa homogeneidad, en la formación se diferencian diversas litologías que permiten la subdivisión estratigráfica: areniscas epiclásticas y tobas, lavas, radiolaritas y calizas. Bourdon (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 y Mann (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 (2002-2004) 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.

Deducida principalmente de la cartografía de las series más completas observadas en las transversales de Hato Mayor y El Seibo, en este proyecto se propone una nueva estratigrafía general de la Fm Las Guayabas para el conjunto de la cordillera que se representa en la figura 2.1.2 y cuya equivalencia con subdivisiones anteriores se representa en la figura 2.1.3: la denominación Fm Las Guayabas se mantiene para casi toda la sucesión estratigráfica, con la excepción de las formaciones carbonatadas Río Chavón y Loma de Anglada (denominación tomada de Bourdon 1985) que la culminan a techo. Dentro de la Fm Las Guayabas se han diferenciado varios miembros, en la mayoría de los cuales se mantiene su denominación original; de muro a techo son los siguientes:

- Mb Loma La Vega, formado por lavas, brechas tobáceas y cineritas
- Mb El Cujano, que integra todos los niveles de brechas y conglomerados de naturaleza muy diversa incluidos dentro de la Fm Las Guayabas, por debajo del Mb Hato Mayor
- Mb Hato Mayor, con el que se define el conjunto esencialmente arenoso que forma la mayor parte de la mitad superior de la secuencia
- Mb Arroyo La Yabana, que parcialmente se dispone a techo del anterior y consiste en un importante nivel guía de cherts (radiolaritas), y
- Mb Las Auyamas, transicional al miembro carbonatado de techo Río Chavón, que está formado principalmente por lutitas con intercalaciones de areniscas

La biostratigrafía de esta sucesión del Cretácico Superior, se ha basado en foraminíferos plantónicos, radiolarios y ammonoideos. Debido a la restricción batimétrica, los rudistas aparecen y son útiles únicamente al final del Cretáceo. 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 (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 de la sucesión. Ammonites del Coniaciano Inferior han sido citados en calizas intercaladas entre el Mb El Cujano (Bourdon *et al.*, 1983,1984; Bourdon,1985); y una asociación de radiolarios del Coniaciano se ha reconocido en el Mb Arroyo La Yabana (Bourdon, 1985). El estudio de foraminíferos plantónicos y radiolarios recogidos en sucesión vertical en la Hoja de El Seibo (Fig. 2.1.4) (Monthel, 2004) permite acotar el límite Santoniano-Campaniano próximo a la base de la Formación Río Chavón. Este dato contrasta una vez más con la fauna plantónica de edad Coniaciano-Santoniano citada por Bourdon (1985) en la Fm 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 *sensu lato* y el Maastrichtiano Superior se han reconocido en la Fm Loma de Anglada por fauna bentónica de Superculinas y Orbitoideos (Bourdon 1985; García Senz 2004) y por rudistas de la asociación *Titanosarcolites* (J.M^a Pons, *com. personal*). El Maastrichtiano Superior se ha reconocido asimismo en la Fm Río Chavón por foraminíferos plantónicos de la biozona de *Abathomphalus mayaroensis* (Monthel 2004). La presencia dudosa del globigerínido terciario *Acarinina* sp. en la parte superior de la Formación Loma de Anglada (det. L. Granados), necesita confirmación.

En su conjunto, la sucesión estratigráfica del Cretácico Superior, está dominada por el contenido de detríticos volcánicos en los sedimentos. El volumen de detríticos de origen sedimentario es insignificante en unidades situadas bajo las radiolaritas del Mb 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 Cretáceo 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.

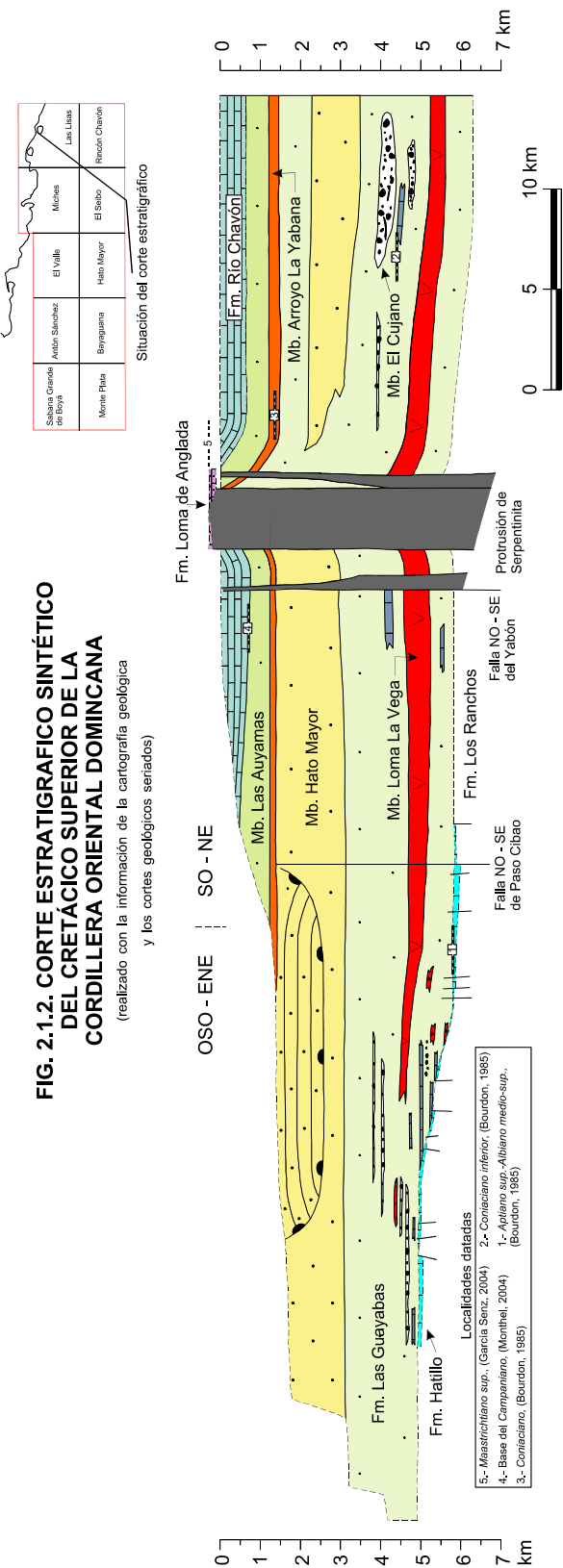


FIG. 2.1.3. CUADRO DE EQUIVALENCIA DE UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS DEFINIDAS EN EL CRETÁCICO SUPERIOR DE LA CORDILLERA ORIENTAL

Bourdon (1985)		Mann y Lebrón (1991)		Este trabajo
Flysch calcáreo de La Mina	Areniscas calcáreas maastrichtianas	Fm Río Mana	Fm La Mina	Fm de Calizas de Loma de Anglada
	Calizas maastrichtianas	Fm Loma de Anglada		
	Serie calcárea y volcanodetrítica	Fm Bejucalito		Fm de Calizas de Río Chavón
Serie detrítica del Coniaciense inferior	Calizas	Fm Río Chavón		
	Serie volcano-detrítica y volcánica	Intercalación silícea	Mb Arroyo La Yabana	Mb de lutitas de Las Auyamas
		Fm Río Cuarón	Fm El Cujano	Mb de Radiolaritas de Arroyo La Yabana
				Mb de Areniscas de Hato Mayor
				Mb de Conglomerados de El Cujano
Conglomerado de rocas ultrabásicas	Serie volcano-detrítica y volcánica	Mb Loma La Vega	Fm Las Guayabas	Mb de Volcánicos de Loma La Vega
(Unidad del Oro)				(Unidad del Seibo)

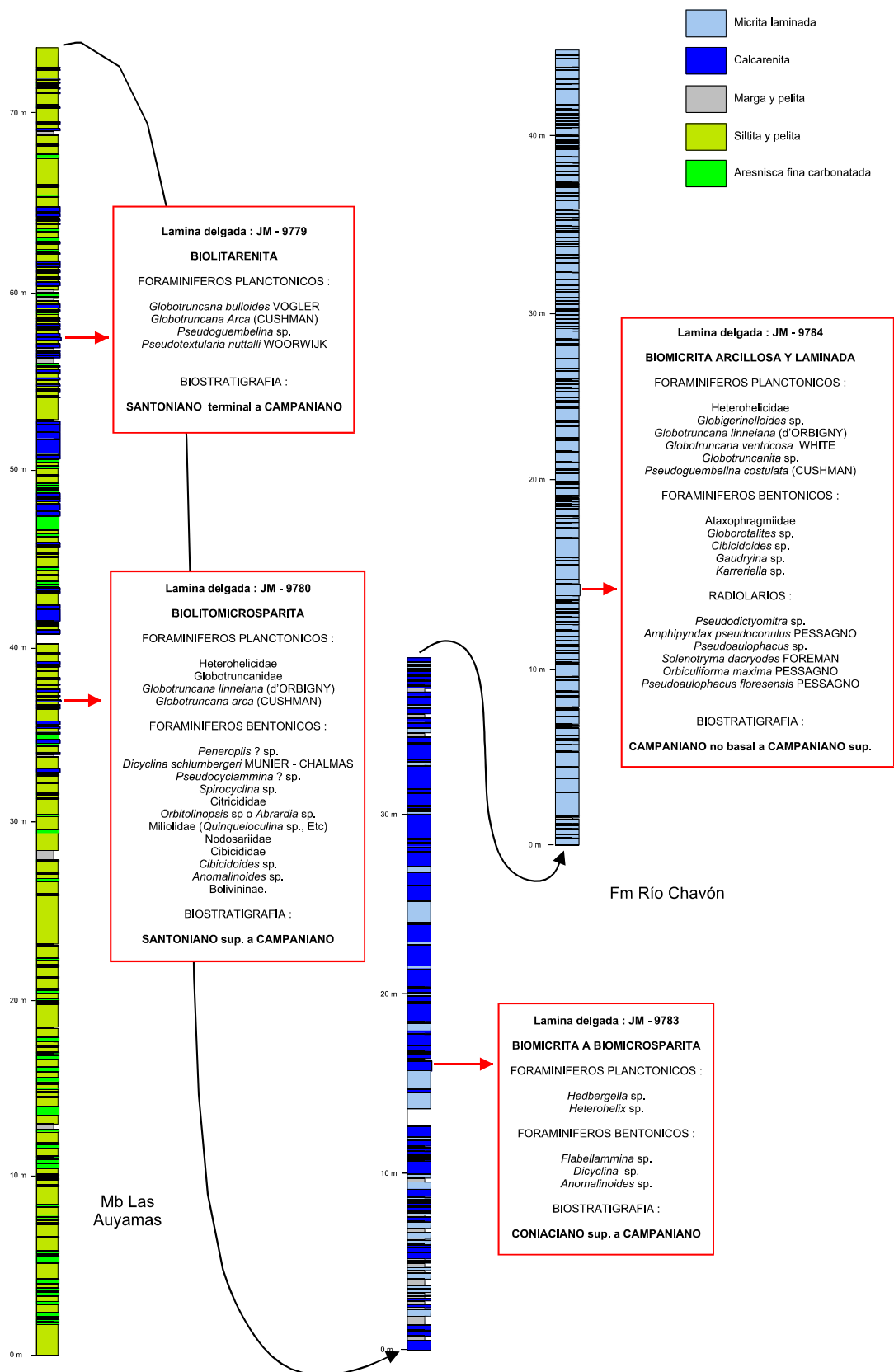


Fig. 2.1.4. Columna bioestratigráfica de la parte superior del Mb Las Auyamas y el Mb Río Chavón en la hoja de El Seibo.
República Dominicana
Cartografía Geotemática. Proyecto L

Se considera que el contexto tectónico y deposicional de la Fm Las Guayabas, en su conjunto, corresponde a una cuenca de antearco desarrollada sobre el arco volcánico de la Fm Los Ranchos (ej. Bourdon, 1985, Mann *et al.*, 1991b y otros autores) que se rellenó por detríticos procedentes del arco volcánico y de un basamento metamórfico comparable al que actualmente existe en la Península de Samaná o en la Cordillera Central.

Los afloramientos de la Fm Las Guayabas en la Hoja de Antón Sánchez están en continuidad cartográfica con los de la vecina Hoja de Monte Plata; en conjunto, son los más occidentales de esta formación en la Cordillera Oriental y al oeste de la zona de proyecto conectan con sus equivalentes laterales de la Fm Lagunas. Su conexión hacia el este con el cuerpo fundamental de la Fm Las Guayabas de los sectores más orientales de la cordillera se encuentra interrumpida en la práctica totalidad de la Hoja de Bayaguana por los recubrimientos de materiales cuaternarios o plio-pleistocenos. En la Hoja de Antón Sánchez (y Monte Plata) sólo afloran los niveles inferiores de la Fm Las Guayabas, siempre por debajo del Mb Hato Mayor y con ciertas peculiaridades, que los hacen ligeramente diferentes de los observados en transversales más orientales: no se ha reconocido al Mb Loma de La Vega, ni ninguna intercalación conglomerática o brechoide asimilable al Mb Cujano, pero en general la serie presenta, dentro de su carácter netamente volcanosedimentario, frecuentes intercalaciones de términos piroclásticos. A continuación se describen las particularidades de la formación en esta Hoja. Para mayor detalle del resto de la sucesión del Cretácico Superior se sugiere consultar las memorias de las Hojas más orientales de este mismo proyecto

2.1.3.1. Fm Las Guayabas (9). Alternancia de areniscas y grauvacas de grano fino/medio, limolitas y lutitas con intercalaciones de brechas volcánicas y tobas piroclásticas. Cretácico Superior. K₂

En la Hoja de Antón Sánchez, la Fm Las Guayabas aparece restringida a una pequeña franja en su sector suroeste donde, manteniendo las mismas pautas observadas en la Hoja de Monte Plata, muestra un giro en sus directrices de NE-SO a NO-SE y un buzamiento generalizado al sur. Se trata de una zona muy cubierta y con pocas posibilidades de observación en la que los contactos con las formaciones infrayacentes, Hatillo y Los Ranchos, se ha deducido que corresponden, respectivamente, a un contacto normal o paraconforme y a una falla de dirección NE-SO y trazado rectilíneo. Sobre ella se disponen discordantes los conglomerados de la Fm Don Juan. Los mejores (y prácticamente únicos)

afloramientos de la formación se encuentran en varias canteras localizadas a lo largo de la carretera de Monte Plata a Antón Sánchez (antes de llegar a esta localidad-canteras de la Loma de Carbuccia) y en la propia cuneta. Su espesor visible en la Hoja se estima en unos 500 m

En esta Hoja, la formación Las Guayabas se presenta como una sucesión bien estratificada en capas de orden centimétrico a decimétrico, de areniscas y grauvacas, limolitas y lutitas, dentro de la cual se intercalan con cierta frecuencia niveles piroclásticos de brechas y tobas.

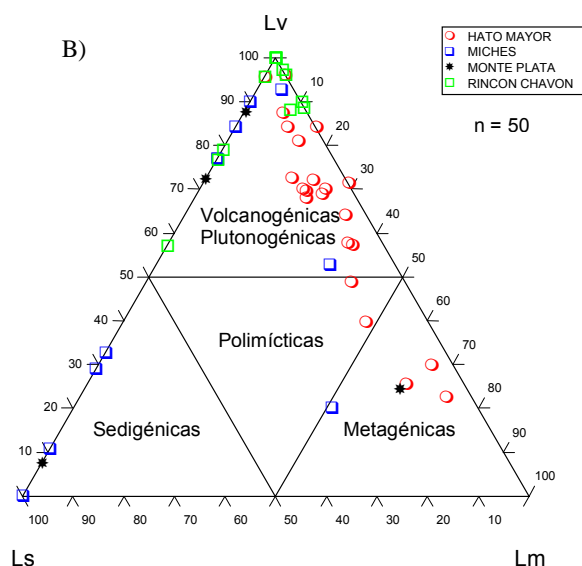
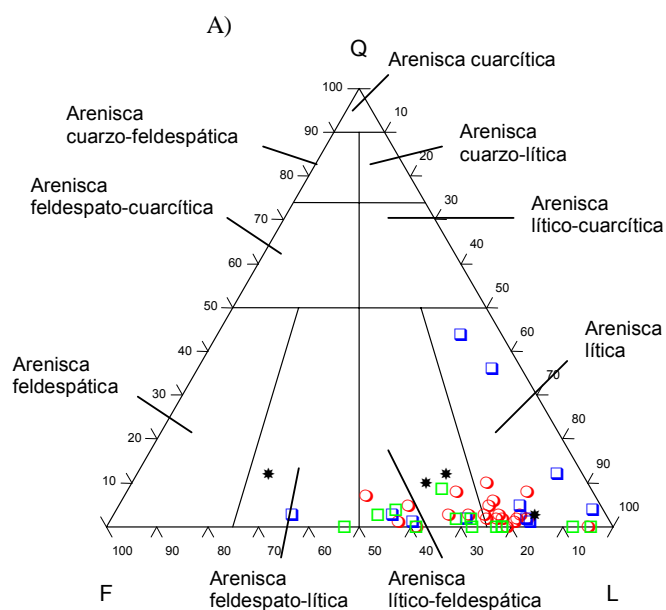
Por lo general, en las areniscas, las capas de espesor centimétrico se componen de arena fina-media con o sin laminación y más raramente muestran buena granoclasificación y laminación *ripple*. Las capas de mayor espesor son de grano grueso y generalmente masivas, y pueden dar una exfoliación concéntrica. Las limolitas y lutitas presentan tonalidades gris verdosas y una típica laminación paralela. En las canteras de Loma de Carbuccia estas litologías se organizan formando secuencias de ciclos estrato y granodecrecientes de orden decimétrico a métrico, formados por un término inferior de areniscas masivas o difusamente estratificadas y laminadas, granoclasificadas, y un término superior de areniscas tabulares con estratificación media y fina, finamente laminadas (laminación de decantación), masivas o separadas por finos niveles de limolitas y lutitas oscuras. Esta sucesión intercala varios niveles de brechas masivas y tobas piroclásticas.

En afloramientos próximos equivalentes de la contigua Hoja de Monte Plata la estratificación en capas se ha observado distorsionada por pliegues de *slump*. En la propia Hoja de Antón Sánchez un excelente afloramiento en la cuneta de la carretera muestra niveles deformados en estado de semiconsolidación asociados a fallas sinsedimentarias de componente normal; en este afloramiento se ha identificado un nivel de calizas aislado (*rudstone* bioclástico de bivalvos, equínidos y algas) sin posibilidad de datación.

Las características petrográficas de las areniscas de la Fm Las Guayabas se examinan en dos diagramas ternarios realizados con 50 muestras repartidas por la cordillera, que incluyen también al Mb de Areniscas de Hato Mayor (Fig. 2.1.5a). El diagrama QFL indica una composición homogénea, rica en fragmentos líticos y feldespatos y pobre en cuarzo. La compactación de fragmentos líticos y feldespatos ha producido una pseudomatriz que incrementa relativamente la proporción de cuarzo, que no obstante permanece muy baja. De acuerdo con la clasificación de Decker (1985) se trata de areniscas líticas y feldespatolíticas.

FIGURA 2.1.5. DIAGRAMAS TERNARIOS DE LAS ARENISCAS DE LA FM. LAS GUAYABAS DE LA CORDILLERA ORIENTAL

A.- fragmentos líticos volcánicos, fragmentos sedimentarios+chert, y fragmentos metamórficos (Lv-Ls-Lm);
B.- Cuarzo, feldespato y fragmentos líticos (Q-F-L).



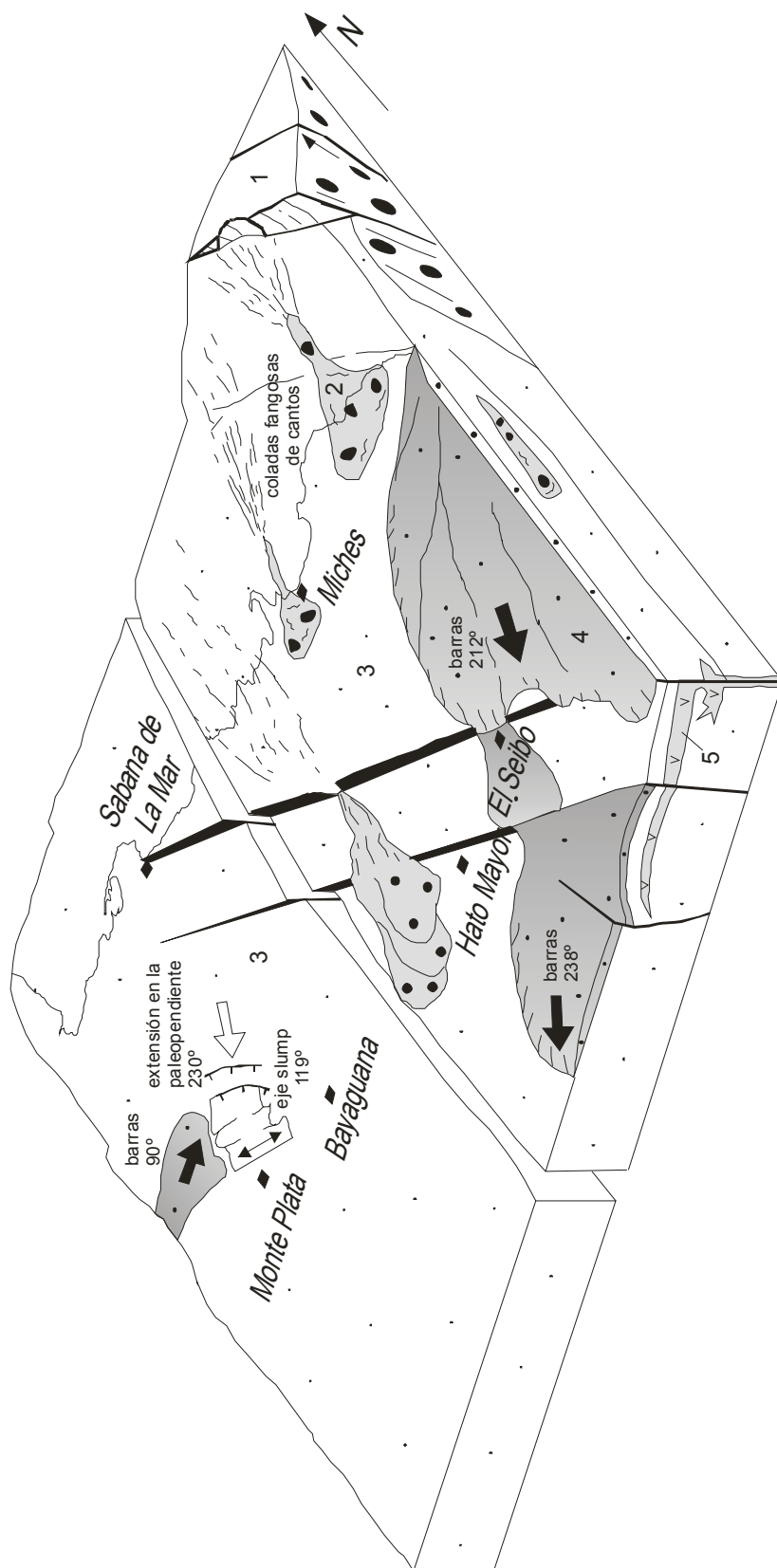


Figura 2.1.6. Bloque diagrama esquemático del margen convergente en tiempo Cenomaniano-Santoniano, mostrando las características principales de la cuenca de ante-arco. 1.-Prisma de acreción; 2.- coladas fangosas de rocas ultrabásicas provenientes del prisma de acreción (Mb El Cujano); 3.- areniscas volcanoclásticas primarias y epiclastitas (Fm Las Guayabas); 4.-depósitos de abanico submarino (Mb Hato Mayor); 5.- Rocas volcánicas e hipovolcánicas (Mb Loma La Vega). Flechas de paleocorrientes basadas en escasas medidas de barras; paleopendientes basadas en escasas medidas de ejes de slumps y estructuras extensivas gravitacionales.

El diagrama Lv-Ls-Lm (Fig. 2.1.5b) refleja el predominio de fragmentos de rocas volcánicas y/o plutónicas, con cantidades menores, aunque significativas, de fragmentos metamórficos y sedimentarios. Estos últimos son principalmente chert y calizas. De acuerdo con la clasificación de Decker (1985), se trata de areniscas volcanogénicas/plutonogénicas y en menor proporción de areniscas metagénicas y sedigénicas. La pobreza en cuarzo permite precisar que provienen de un arco volcánico poco disectado, donde la erosión no ha alcanzado las rocas magmáticas intrusivas (campos de proveniencia de Dickinson y Suczek, 1979).

Los términos piroclásticos suelen formar capas de más de 0,5 a 3-4 m de espesor con un aspecto masivo que produce una característica disyunción en bolos. En muestras de mano corresponden en su mayoría a tobas de tamaño lapilli formadas por cristales de plagioclasa y máficos sin apenas matriz. En diversos afloramientos de Hojas contiguas y en las propias canteras de la Loma de La Carbuccia en la Hoja de Antón Sanchez, se han observado niveles de brechas de 2 a 3 m de espesor formados por fragmentos líticos de 0,5 a 1 cm dentro de una matriz microcristalina de idéntica composición a la mencionada anteriormente.

Las estructuras sedimentarias y la petrografía indican que en el ámbito de la Hoja de Antón Sanchez (y Monte Plata), la Fm Las Guayabas se depositó en ambientes de mar relativamente profundo alrededor de volcanes subacuáticos y subaéreos, que aportaban de forma continua las partículas volcanoclásticas, ya sea por resedimentación en turbiditas (lóbulos turbidíticos) y flujos en masa o por recepción directa de piroclastos por flotación y suspensión. Una pequeña proporción de los fragmentos líticos procede posiblemente de la erosión del prisma de acreción situado al norte (Fig. 2.1.6).

2.2 Cenozoico

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

A grandes rasgos, en la Hoja de Antón Sánchez pueden distinguirse tres conjuntos principales dentro de la serie cenozoica:

- materiales paleógenos, localizados en el sector suroccidental y dispuestos como un pequeño retazo ligeramente deformado entre los afloramientos de rocas cretácicas.
- materiales plio-cuaternarios, constituyentes de la plataforma arrecifal de los haitises, que constituyen el conjunto de mayor representación en la Hoja.
- materiales cuaternarios, moderadamente representados y dispuestos a modo de tapiz sobre cualquiera de los conjuntos anteriores.

2.2.1. Paleógeno

Los sedimentos paleógenos afloran de forma discontinua en la vertiente meridional de la cordillera, discordantes sobre un paleorrelieve modelado en el sustrato cretácico y sus intrusiones asociadas. Se presentan con inclinación moderada a fuerte hacia las fallas que los limitan, acumulando espesores importantes: unos 4.500 m en la Hoja de Monte Plata, en el bloque inferior del cabalgamiento de Hatillo; 1.500 m entre las poblaciones de Monte Plata y Bayaguana; unos 750 m en Hato Mayor; unos 300 m en Miches; y 1.400 m al este de El Seibo. La discontinuidad de los afloramientos impide su correlación directa y ha favorecido el uso de distintas nomenclaturas para cada área. Combinando la correlación bio y litoestratigráfica se distinguen tres unidades principales (Fig. 2.1.1):

Unidad inferior de conglomerados (y serie volcanosedimentaria asociada). Corresponde a la facies de conglomerados rojizos y a la serie volcanosedimentaria suprayacente definida por Bowin (1966) en los alrededores del pueblo de Don Juan; la facies de conglomerados más ubicua en la cordillera y la más referenciada en la bibliografía. De forma imprecisa se incluye en el Eoceno Inferior, sin que deba descartarse que los niveles más bajos pertenezcan al Paleoceno. Por su edad se considera en parte equivalente a la Fm Bejucal de la Hoja de Rincón Chavón.

Unidad intermedia de calizas. Está presente en tres pequeñas áreas de las Hojas de Monte Plata, Miches y Rincón Chavón. La facies dominante son calizas arrecifales masivas, si bien pueden existir diversas litologías subordinadas. A pesar de su similitud litológica, ha recibido distintas denominaciones, como formaciones La Luisa, Yabón, Loma Peñón y El Guano. La fauna que contiene permite asignarla al Eoceno Medio-Superior. Esta unidad calcárea es el

tramo de referencia en el que se basan las atribuciones cronoestratigráficas de la serie paleógena.

Unidad superior detrítica. Se localiza en dos afloramientos aislados de las Hojas de Miches y de Rincón Chavón. Se trata de un conjunto de conglomerados, brechas y areniscas datados imprecisamente como Eoceno Superior-Mioceno en Rincón Chavón.

En la Hoja de Antón Sánchez sólo está representada, y con una mínima expresión, la facies conglomeráticas de la Fm Don Juan (unidad 10).

2.2.1.1. Fm Don Juan (10) Conglomerados de cantos de rocas volcánicas y de calizas, de tonos rojizos. Eoceno. P₂

Se trata de la unidad más típica del conjunto paleógeno de la región, fácilmente identificable tanto por sus características litológicas como por sus tonos rojizos de tendencias violáceas. Su denominación como Fm Don Juan se debe a Bowin (1966) que agrupó en ella un conjunto de rocas sedimentarias con niveles de tobas, aflorante entre el cabalgamiento de Hatillo y la localidad de Don Juan.

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

La tesis doctoral de Bourdon (1985) aporta una cartografía de la cordillera Oriental en la que se identifican varios afloramientos de conglomerados atribuibles a la Fm Don Juan, datando

cantos de la serie terciaria de Yabón que indican que la formación se nutrió de materiales del Eoceno Inferior, lo que permite acotar la edad del conjunto, al menos en dicha zona.

En la Hoja de Antón Sánchez, los conglomerados constituyen la única litología de la Fm Don Juan, que afloran de forma muy restringida, en el sector suroccidental, concretamente en la loma de Mogeas. No se ha observado corte alguno que permita una descripción detallada de la unidad, pero se reconocen fácilmente por su carácter conglomerático y especialmente por sus típicas tonalidades rojizas, que constituyen el mejor criterio para su correlación.

Los conglomerados se apoyan discordantes sobre las areniscas y niveles volcanoclásticos de la Fm Las Guayabas (unidad 9). Los cantos están bien redondeados, con tamaños que varían desde algunos milímetros hasta más de 20 cm, si bien sus diámetros más frecuentes oscilan entre 5 y 10 cm. Son típicamente polimícticos pero contrariamente a lo observado en otros puntos de la cordillera donde predominan los constituyentes volcánicos, en este afloramiento se aprecia una notable proporción de cantos (y cemento) calcáreos, lo que ha favorecido el desarrollo de una intensa karstificación, especialmente en el paraje de Saltadero, localizado 5 km al sur, donde se desarrollan morfologías similares a las de Los Haitises. El techo ha sido erosionado por lo que su espesor visible tiene carácter mínimo, estimándose entre 50 y 100 m.

Se carece de datos sedimentológicos que permitan precisar el dispositivo bajo el que se produjo su depósito, aunque el contexto geodinámico y las características litológicas sugieren que se produjo en un contexto aluvial, alimentado por los relieves finicretácicos, en una fase inicial del relleno de las nuevas cuencas generadas como consecuencia del régimen transpresivo acaecido a comienzos del Terciario.

La naturaleza litológica de la unidad hace muy difícil su datación, que en cualquier caso debe efectuarse de forma indirecta. Por una parte, la presencia de fauna asignada al Paleoceno-Eoceno Inferior en algunos de los cantos en la región de Yabón, dentro de la Hoja de Miches (Butterlin; en Bourdon, 1985) permite acotar la edad de su base; por otra, la presencia de fauna del Eoceno Medio en las calizas allí suprayacentes, de la Fm Río Yabón, así como en las de la Fm La Luisa en la Hoja de Monte Plata (6272-III) pone límite a su techo. De acuerdo con ello, el depósito de la Fm Don Juan en esta región debe enmarcarse en el Eoceno Inferior, sin descartar que sus términos superiores pertenezcan al Eoceno Medio.

2.2.2. Plioceno-Cuaternario

Pertenecen a él las amplias plataformas carbonatadas que se extienden en los dos flancos de la cordillera Oriental. Al norte, en la región de Los Haitises, la plataforma, que llega a confundirse con los relieves de la cordillera, aparece basculada hacia el norte, de manera que desciende desde cotas superiores a los 300 m hasta el nivel del mar en la bahía de Samaná; la combinación del relieve, la intensa fracturación y el clima han favorecido el desarrollo de un espectacular karst tropical maduro. Al sur, en la Llanura Costera del Caribe, 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, son escasos los trabajos elaborados sobre ella y en su mayoría 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 relieve integrado por infinidad de montículos entre los que se intercala una densa red de depresiones, 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 Brower y Brower (1982), 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 (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 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 (Espí,

2000), elaborado dentro del Programa SYSMIN, ha aportado 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, con dos unidades principales. Por una parte, la Fm Yanigua, como un conjunto margoso que alberga pequeñas masas de lignito y ámbar (unidad 11), en el que se intercalan niveles carbonatados de orden métrico; en otros puntos de la región también intercala conglomerados, más frecuentes hacia la base, (Hoja de Sabana Grande de Boyá). Por otra, la Fm Los Haitises, constituida por calizas arrecifales masivas, habiéndose diferenciado dos tramos dentro de ella, en función del mayor o menor contenido margoso de las calizas (unidades 12 y 13, respectivamente).

No existe unanimidad en cuanto a la edad de la secuencia sedimentaria: Brower y Brower (1982) enmarcan la Fm Yanigua en el Mioceno; Bourdon (1985) asigna el conjunto calcáreo al Mioceno Superior-actualidad; Toloczy y Ramírez (1991) atribuyen la Fm Yanigua al Mioceno Superior-Plioceno y La Fm Los Haitises, al Plioceno-Cuaternario; y por último, Iturralde (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 de asociaciones faunísticas características del Plioceno dentro de la Fm Yanigua en la Hoja de Antón Sánchez durante la realización del presente trabajo 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 desarrollo de frecuentes construcciones arrecifales.

Ambas formaciones 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. La Fm Yanigua se interpreta como depósitos marino-lagunares costeros de baja energía y La Fm Los Haitises como

calizas arrecifales. La superposición de estos ambientes indica un contexto inicialmente transgresivo, que cambió a regresivo con el retroceso de la línea de costa y del complejo arrecifal hasta la disposición actual en la bahía de Samaná. Es una regresión forzada por la evolución tectónica de la región a partir del Plioceno. 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.

No existen estudios geológicos específicos sobre la plataforma carbonatada de la Llanura Costera del Caribe, 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 noreste 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.

2.2.2.1. Fm Yanigua (11). Margas con lignito e intercalaciones de calizas y calizas margosas. Plioceno. N₂

Aparece por la zona externa de la región de Los Haitises, generalmente en afloramientos de deficiente calidad debido a la alta proporción margosa de la serie, si bien la pista que une Boyá con el batey Gonzalo permite observar los rasgos principales del conjunto, integrado por margas entre las que se intercalan diversos niveles tabulares de calizas y calcarenitas de espesor métrico. Puntualmente presenta afloramientos de buena calidad, como el del salto de agua del río Comatillo.

Se disponen discordantemente sobre cualquier unidad cretácica o paleógena de la cordillera. En cuanto a su techo, está constituido por las calizas de la Fm Los Haitises; el paso entre ambas se produce de forma gradual mediante un ligero enriquecimiento calcáreo hacia el techo. Debido a la irregularidad del paleorrelieve que constituye su sustrato, su espesor es muy variable, estimándose valores máximos cercanos a 200 m. No hay evidencias de su existencia en el sector septentrional, aunque probablemente se encuentren bajo la masa calcárea a cotas progresivamente más bajas hacia el norte, constituyendo el “nivel de base” que limita el avance de la disolución kárstica de aquella en la vertical.

Se trata de una monótona serie de margas oscuras, ocreas por alteración y con tonalidades oscuras debido a la presencia de materia orgánica. Se observan niveles con cierto contenido arenoso de aspecto laminado, con abundante contenido fosilífero. Esporádicamente presenta niveles de lignito y ocasionales cristales de yeso, probablemente de origen diagenético, dentro de niveles de espesor métrico. Uno de los rasgos más característicos de la unidad es la presencia de ámbar, cuyos hallazgos se concentran en los parajes Camarones y Sierra de Aguas, así como en Yanigua y la Colonia San Rafael, en la Hoja de El Valle (6372-IV). Más frecuentes son los niveles de calizas y calcarenitas de orden decimétrico a métrico, especialmente hacia el techo, que dan lugar a resaltes morfológicos en el relieve, que en algunos casos provocan la existencia de saltos de agua en la red de drenaje.

Petrográficamente, se observa una gran variedad dentro de los niveles calcáreos, que aparecen como calizas fosilíferas, en ocasiones con estructura coralina bioconstruida, identificándose como *wackestones* a *grainstones* bioclásticos, a veces peletoidales, y *framestones* coralinos. El contenido de aloquímicos varía ampliamente (30-60%), así como el de los ortoquímicos (43-66%), con presencia de micrita (26-66%) y esparita (4-19%); otro tanto puede decirse de la proporción de sus componentes texturales, entre los que suelen predominar los fósiles (44-98%) sobre los pelets (2-56%). En el caso de las bioconstrucciones, se aprecia un lógico predominio de aloquímicos (80-85%), casi exclusivamente de carácter fosilífero, con un contenido de ortoquímicos (15-20%) prácticamente repartido entre micrita y esparita.

A grandes rasgos, la Fm Yanigua se organiza en ciclos de orden decamétrico iniciados mediante niveles de margas con señales de exposición subaérea, como bioturbación por raíces, y de baja energía, como la presencia de ámbar y lignito, indicando un ambiente costero-lagunar con periodos de emersión; se continúan a través de términos calcáreos estratocrecientes hacia el techo de la unidad, con una gran riqueza fosilífera y con estratificación nodulosa; su petrografía, contenido fosilífero y rasgos sedimentarios indican un ambiente arrecifal.

Poseen un abundante contenido faunístico, tanto en los niveles calcáreos como en los margosos. En particular, la presencia de *Quinqueloculina oblonga* (Montfort), *Q. seminulina* (Linneo), *Q. af. vulgaris* d'Orbigny, *Q. af. lamarckiana* Bermúdez y Seiglie, *Triloculina af. tricarinata* d'Orb., *Pyrgo bulloides* (d'Orb.), *P. oblonga* (d'Orb.), *Cornuspira af. involvens*

(Reuss), *Tritaxia* sp., *Peneroplis* sp., *Astrononion stelligerum*, (d'Orb.), *Nodosaria* sp., *Fissurina* sp., *Asterigerinata planorbis* (d'Orb.), *Criboelphidium vadesens* Cushman y Bronnimann, *Valvulineria complanata* (d'Orb.), *Tritix* sp., *Rosalina globularis* d'Orb., *Patellina* af. *corrugata* Williamson y *Globorotalia humerosa* Takayanagi y Saito, ha permitido su asignación al Plioceno.

Tras un indeterminado periodo de erosión que abarcaría al menos una buena parte del Mioceno, la sedimentación se restablecería en la zona mediante un breve episodio fluvial, representado por el conjunto conglomerático de la Hoja de Sabana Grande de Boyá (6272-IV), predecesor de un impulso transgresivo que finalizaría con la implantación de la plataforma arrecifal característica de la Fm Los Haitises. En cualquier caso, la transgresión no se produciría de forma continua sino mediante pulsos en los que alternarían los periodos de emersión con los de sedimentación en ambientes costeros de baja energía y de plataforma arrecifal, que con el paso del tiempo se instalarían de forma continua, constituyendo el dispositivo paleogeográfico bajo el que se depositó la Fm Los Haitises.

2.2.2.2. Fm Los Haitises (12) Calizas margosas y calizas arrecifales. (13) Calizas arrecifales. Plioceno-Pleistoceno. $N_2 - Q_{1-3}$

Se trata del conjunto calcáreo que constituye los peculiares afloramientos de morfología kárstica de la región de Los Haitises, configurada a modo de denso enrejado en el que alternan profundas dolinas y uvalas con pronunciados montículos (*hums* o *haitises*). La impenetrabilidad de la región dificulta extraordinariamente su estudio, que queda prácticamente restringido a observaciones puntuales en los bordes de aquélla. En la literatura regional se aprecia una cierta confusión entre los términos calizas de Cevicos y calizas de Los Haitises, pero de acuerdo con Iturralde (2001), al margen de las intercalaciones carbonatadas de la Fm Yanigua, existe un solo conjunto calcáreo para el que parece apropiada la denominación Fm Los Haitises; además, en su definición original, el término calizas de Cevicos (Vaughan *et al.*, 1921) parece referirse a las intercalaciones carbonatadas superiores, aunque posteriormente haya sido empleado de forma diferente.

Presentan una gran uniformidad litológica, que sin duda resulta un importante condicionante de la monotonía observada en el paisaje, rota tan sólo por la presencia de algunos resaltes correspondientes a niveles masivos de espesor decamétrico, como los observables en el ámbito de Pílancones; no obstante, se ha distinguido un tramo en el que las calizas poseen

cierto contenido margoso (unidad 12), dentro del conjunto calcáreo general (unidad 13). La Fm Los Haitises se encuentra afectada por una densa red de fracturación, de orientación preferente NO-SE, condicionante en buena medida del enjambre de dolinas de la región.

Se disponen concordantemente sobre la Fm Yanigua, mediante un progresivo enriquecimiento calcáreo de la serie, sin que pueda confirmarse si entre ambas existe una relación de cambio lateral hacia el Norte. En cualquier caso, parece probable que, pese a no aflorar en la zona central y septentrional de la región, la Fm Yanigua también se encuentre bajo la Fm Los Haitises, impidiendo la progresión de la disolución en las profundas dolinas de la zona. Menos frecuentemente, se apoya directamente sobre el conjunto cretácico, con intrusiones asociadas, de la Cordillera Oriental, con un evidente carácter discordante; este hecho es especialmente evidente en la alineación montañosa de la loma de Plácido, macizo tonalítico rodeado por los niveles horizontales de la Fm Los Haitises. Debido a la irregularidad de este paleorrelieve, su espesor puede variar considerablemente, pero en algunas zonas parece sobrepasar 200 m.

Aparecen como un monótono conjunto de calizas grises, algo más blanquecinas en el caso de las calizas margosas (unidad 12), en las que el elevado contenido fosilífero es observable a simple vista. Se agrupan en bancos de espesor métrico a decamétrico, aunque con frecuencia su estratificación no es fácilmente observable, lo que acentúa su aspecto masivo.

Petrográficamente aparecen como calizas fosilíferas, en ocasiones con estructuras fenestrales y orientadas, o bien como calizas bioconstruidas por corales; texturalmente, muestran una gran variedad, con tipos que van desde *wackestones* a *grainstones* siempre de carácter bioclástico, junto con *framestones* coralinos. El contenido de ortoquímicos varía entre 38-55%, con predominio de micrita (26-53%) sobre esparita (2-13%), si bien ocasionalmente ésta puede constituir el 70% de la muestra. En cuanto a los aloquímicos (45-62%), predominan los fósiles, con un contenido superior al 78%, sobre los pelets, que en ningún caso sobrepasan el 22%. En cuanto a las bioconstrucciones, al menos el 95% corresponde a fósiles, con ocasional presencia de micrita (hasta 5%).

Pese a la ausencia de afloramientos de calidad que permitan una descripción sedimentológica precisa, las características texturales indican el depósito de la Fm Los Haitises en el contexto de un complejo arrecifal muy desarrollado, que protegería una plataforma somera.

Incluye un elevado, aunque poco determinativo, contenido faunístico integrado por Corales, Foraminíferos, Algas, Gasterópodos, Ostrácodos, Bivalvos, Equínidos, y Briozoos. En cualquier caso, la asignación de la Fm Yanigua al Plioceno aconseja la atribución del presente conjunto al Plioceno-Pleistoceno.

2.2.3. Cuaternario

Se encuentra moderadamente representado, predominando los depósitos de origen kárstico en la región de Los Haitises y los de origen fluvial en el resto de la zona.

2.2.3.1. Fondos de dolina, uvala y polje (14) Arcillas de descalcificación. Pleistoceno-Holoceno. Q₁₋₄

Constituyen los depósitos más característicos de la zona, concentrándose en el borde de la región de Los Haitises, donde 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 y poljes de dimensiones notables, como el de Sabana del Medio.

Corresponden a arcillas rojas de aspecto masivo, producto de la descalcificación de los materiales calcáreos por acción de procesos kársticos. Su espesor debe variar considerablemente según las zonas, en función de la envergadura de los procesos de disolución, pudiendo superar los 3 m. Su edad está acotada por la del techo de la Fm Los Haitises, por lo que se enmarcan en el Pleistoceno-Holoceno.

2.2.3.2. Conos de deyección y abanicos aluviales (15) Gravas, arenas y lutitas. (17) Limos, arenas y cantos. Pleistoceno-Holoceno. Q₁₋₄

Entre los conos de deyección y los abanicos aluviales se han reconocido dos sistemas representados en los principales valles. Se forman en la confluencia entre pequeños ríos y arroyos con valles de mayor entidad, en los cuales la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose; cuando los ápices se encuentran próximos entre sí, se

producen formas coalescentes. Alcanzan longitudes de hasta 3 km con respecto al ápice en el ámbito de la sierra del Agua.

El sistema más antiguo engloba probablemente diversas generaciones imposibles de correlacionar debido a la desconexión de la mayoría de los aparatos, caracterizándose por mostrar un retoque erosivo que, aunque variable de unos cuerpos a otros, indica que ya no son funcionales. Por su parte, el sistema más moderno agrupa los dispositivos potencialmente funcionales, como se deduce de su mínimo retoque erosivo.

Están integrados por proporciones variables de lutitas, arenas y gravas cuya composición es función del área madre. Aparecen orlando buena parte de las vertientes de la zona, con espesores variables de hasta 20 m.

No hay duda de que los más recientes pertenecen al Holoceno, pero no debe descartarse que los más antiguos puedan pertenecer al Pleistoceno.

2.2.3.3. Terrazas (16) Gravas, arenas y limos. Holoceno. Q₄

Poseen escasa representación, apareciendo asociadas a los cursos del río Socoa y del arroyo Santos; se disponen como pequeñas plataformas, más o menos elevadas y paralelas con relación al curso actual. No se ha reconocido más de un nivel en ningún caso, siempre con cotas inferiores a 20 m, por lo que de modo informal se consideran terrazas bajas.

La carretera Monte Plata-Antón Sánchez ofrece buenas condiciones de observación. Están constituidas por gravas polimícticas, siendo más abundantes los cantos calcáreos y de origen ígneo, en una matriz arenosa; el tamaño de los cantos varía notablemente, predominando los diámetros de 10 a 20 cm. En algunos casos, la alteración ha transformado el sedimento, total o parcialmente, en una masa arcillosa roja. Su potencia suele oscilar entre 2 y 7 m.

Por lo que respecta a su edad, en función de las velocidades de encajamiento observadas en otras zonas, se atribuyen al Holoceno.

2.2.3.4. Fondos endorreicos (18) Lutitas. Holoceno. Q₄

Aparecen escasamente representadas y con dimensiones reducidas, pudiendo sobrepasar 1 km de diámetro sólo ocasionalmente, como en las inmediaciones de Pilancones. Se encuentran ligados con los depósitos de descalcificación del sector meridional de Los Haitises, creándose posiblemente por hundimientos del sustrato calcáreo, pudiendo corresponder en algunos casos a lagunas colmatadas o desecadas. Su depósito está integrado por lutitas oscuras de aspecto masivo cuyo espesor no ha sido determinado, aunque probablemente se acerque a 2-3 m.

2.2.3.5. Coluviones (19) Limos, arenas y cantos. Holoceno. Q₄

Se encuentran representados por los sectores meridional y occidental, en relación con los afloramientos de materiales cretácicos y de la Fm Yanigua. Se forman como respuesta al desequilibrio provocado en las laderas, principalmente por la erosión fluvial y la actividad neotectónica. Básicamente, son depósitos de cantos heterométricos subangulosos englobados en una matriz areno-arcillosa de tonos rojizos o pardos, procedente del desmantelamiento de las vertientes; por ello, la naturaleza de sus componentes varía en función de la constitución del área madre. Su potencia y características internas también son variables, no pudiendo precisarse aquélla por ausencia de cortes de detalle, aunque se deducen potencias de orden métrico. En cuanto a su edad, se asignan al Holoceno.

2.2.3.6. Fondos de valle (20) Arenas y gravas. Holoceno. Q₄

Son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual. En general se trata de formas muy estrechas, coincidentes con el canal de estiaje. Se localizan exclusivamente en los sectores meridional y occidental, estando ausentes en Los Haitises.

Están constituidos por gravas y arenas de composición calcárea, ígnea y volcano-sedimentaria principalmente, al nutrirse de materiales cretácicos de la sierra y plio-cuaternarios de Los Haitises; puntualmente pueden presentar un predominio lutítico por transitar por zonas fuertemente alteradas. Los cantos son redondeados, con un diámetro comprendido generalmente entre 10 y 20 cm. Aunque no existen cortes que permitan determinar su espesor, sin duda éste puede variar notablemente en función del curso en cuestión, que en los de mayor envergadura podría alcanzar 5 m.

3. PETROLOGÍA, GEOQUÍMICA Y DATACIONES ABSOLUTAS DE LAS UNIDADES ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS

Se incluyen en este capítulo las descripciones petrográficas de los principales litotipos de las unidades ígneas representadas en la Hoja, cuyas características de campo ya se presentaron en el capítulo dedicado a la Estratigrafía. A continuación se exponen los resultados de los estudios geoquímicos realizados en ellas a partir de análisis propios (Escuder, 2004) o complementados con otros ya existentes. El capítulo concluye con un resumen de las dataciones absolutas realizadas en el proyecto.

3.1 Petrología

3.1.1. Petrología de las tonalitas intrusivas en la Fm Los Ranchos (1)

Petrográficamente, los granitoides cartografiados en la Loma de La Deseada se clasifican como tonalitas hornbléndico-biotíticas de textura isótropa. Texturalmente, se trata de rocas holocristalinas, hipidiomorfas, granudas, subequigranulares de grano medio-grueso, isótropas. Están compuestas un agregado subidiomorfo de plagioclasas tabulares zonadas y macladas, con inclusiones de hornblenda, plagioclasas pequeñas y opacos. En las plagioclasas se observan rebordes albíticos y rellenos intersticiales. La hornblenda forma agregados y prismas individuales, incluidos en la plagioclase e intersticial con el cuarzo. La biotita forma delgadas láminas individuales y agregados, estando variablemente reemplazada a un agregado de clorita, epidota y opacos. El cuarzo forma grandes cristales ovoides y agregados policristalinos con contactos entre granos suturados, así como pequeños cristales alotriomorfos en la matriz. Se superpone una alteración/hidrotermalismo tardimagmático, que origina el reemplazamiento de los ferromagneasianos por clorita, esfena, sericita, prehnita epidota, albita y opacos, además de la sericitización, epidotización y albitización de las plagioclasas, la formación de parches de calcita y clorita, y la oxidación de los opacos.

3.1.2 Petrología de la Fm Los Ranchos.

Se describe la petrología de los litotipos ígneos reconocidos en las distintas unidades cartográficas de esta formación descritas en el apartado correspondiente del capítulo de Estratigrafía

3.1.2.1. Unidad brechoide inferior (2) (¿Mb Meladito?).

Petrográficamente, los clastos de las brechas de esta unidad son mayoritariamente basaltos toleíticos con piroxeno y plagioclasa, variablemente porfídicos, masivos o vesiculares y variablemente afectados por una alteración espilitica. Texturalmente son rocas lávicas, hipocristalinas, afíricas o porfídicas, con una mesostasia afanítica oscura, frecuentemente cloritizada o en ocasiones impregnada por opacos y óxidos de Fe coloidal y pelicular. Los basaltos están compuestos por fenocristales de plagioclasas tabulares milimétricas, de idiomorfos a subidiomorfos, composicionalmente zonados y con inclusiones de cuarzo y opacos, que pueden formar agregados en sineusis. Se observan escasos y raros fenocristales de piroxeno, completamente pseudomorfizados a óxidos y opacos. La matriz está compuesta por un entramado de microfenocristales tabulares de plagioclasa que definen una estructura fluidal traquítica, junto con pequeños agregados coloides de opacos. Otros fragmentos de las brechas están constituidos por rocas basálticas de grano fino, constituidas por microfenoblastos de plagioclasas, que se destacan sobre un material microcristalino y criptocristalino verde, cloritizado y bastante opaco.

Los fragmentos de basaltos están afectados en grado variable por un proceso de alteración post-emplazamiento en el fondo marino, de tipo espilitico, que sin embargo preserva las texturas ígneas. Se caracterizan por el reemplazamiento pseudomórfico de los ferromagnesianos a agregados de epidota, esfena, sericita, clorita, calcita, opacos y quizá microprismas de anfíbol; la albitización, epidotización y sericitización de las plagioclasas; y la opaquización de la mesostasia originariamente vitrea. Las condiciones de la alteración son propias de la facies de los subesquistos verdes, y si se confirma la presencia de anfíbol cálcico actinolítico, las de la facies de los esquistos verdes de baja-T.

Entre los depósitos piroclásticos gruesos, también se han observado tobas de composición basáltica, constituidas por fragmentos líticos y cristales de tamaño toba gruesa a lapilli, sin fábricas deformativas. La proporción de fragmentos de roca es superior a la de cristales y de

un tamaño >2 mm, por lo que generalmente se trata de tobas líticas. Los fragmentos de rocas son de basaltos toleíticos porfídicos, con fenocristales de clinopiroxeno, ortopiroxeno, escaso olivino y plagioclasas, basaltos traquíticos y basaltos afaníticos, variablemente vacuolares, opaquizados y desvitrificados. Algunos de ellos están fuertemente reemplazados a un agregado verde de clorita, sericita y epidota microcristalina muy fina, con texturas perlíticas de desvitrificación en zonas (espilitización en algunos fragmentos). Los fenocristales son de plagioclasas tabulares, olivino subido a alotriomorfo, augita birrefringente y de un ortopiroxeno (hiperstena), que no suelen presentar fluidalidad. En algunos fragmentos, sin embargo, las tabletas de plagioclasa de la mesostasia definen una textura traquítica. La matriz es escasa y está compuesta por un agregado micro y criptocristalino de, calcita, cuarzo, sericita, clorita y opacos.

Como depósitos piroclásticos finos se han observado tobas finas o cineritas, de grano muy fino, masivas, de textura afanítica y microcristalina. Las muestras estudiadas son de composición relativamente ácida, dado su color y la gran abundancia modal de feldespatos y sericita, solidificada de forma muy rápida. Está compuesta por un agregado de plagioclasa, sericita, clorita, cuarzo, esfena, calcita, opacos y óxidos de Fe, de un tamaño microcristalino que dificulta su identificación.

3.1.2.2. Unidad riodacítica inferior (3 y 4).

La unidad riodacítica inferior se distinguen dos tipos petrológicos: flujos subacuosos de lavas ácidas que forman domos extrusivos y criptodomas, y depósitos volcanoclásticos relacionados con las erupciones de los domos ácidos en aguas relativamente someras.

Los flujos de lavas y domos extrusivos corresponden a riodacitas y riolitas, porfídicas o masivas, con abundantes fenocristales de feldespatos y localmente de cuarzo, en general sericitizadas y oxidadas en un grado variable. Texturalmente son rocas lávicas, hipocristalinas, afaníticas, afíricas o porfídicas, con una matriz desvitrificada, en ocasiones perlítica. En estas rocas se distinguen fenocristales de tamaños milimétricos de plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico gráfico. La plagioclasa forma grandes fenocristales tabulares de idio a subidiomorfos, en ocasiones formando agregados en sineusis, con inclusiones de pequeñas biotitas cloritizadas, y pequeños cristales presentes en la mesostasia. Están variablemente reemplazadas a un agregado de sericita, albita, epidota y pumpellita. El cuarzo forma grandes cristales subidiomorfos de bordes redondeados, en parte resultado de

reacciones cristal-magma formando con golfos de corrosión, con inclusiones de pequeñas plagioclasas tabulares y como agregados en la mesostasia. El feldespato potásico forma agregados milimétricos intercrecido con el cuarzo, dando texturas granofídicas y micrográficas. La matriz está desvitrificada y compuesta por un agregado de sericita, clorita, albita, cuarzo, pumpellita, óxidos de Fe y opacos, sobre el que se destacan algunos microfenoblastos de plagioclasa.

Los términos volcánicos piroclásticos muestreados son tobas de tamaño de grano fino a medio, de composición ácida, de matriz oscura micro y criptocristalina y con abundantes fragmentos juveniles y *shards* de vídrio desvitrificado, pudiendo tratarse en casos de ignimbritas. La roca está compuesta por cristales rotos de plagioclasas tabulares, cuarzo, vídrio volcánico y opacos. Las plagioclasas están en muchos casos completamente reemplazadas a un agregado de sericita, albita, calcita, epidota y pumpellita. El cuarzo forma grandes cristales de subidio a alotriomorfos. El vídrio volcánico está reemplazado a un agregado compuesto de calcedonia, sericita, calcita y pumpellita, en variables proporciones. La matriz está compuesta por un agregado de micro y crisptocristalino de sericita, clorita, albita, cuarzo, pumpellita y opacos, con huecos rellenos de hematites.

3.1.2.3 Unidad basáltica intermedia (5) (¿Mb La Naviza?)

Las rocas de la unidad basáltica intermedia son depósitos volcánicos efusivos de lavas e intrusiones sin-volcánicas relacionadas de composición básica. Petrográficamente, las rocas de esta unidad son basaltos toleíticos porfídicos con clino y ortopiroxeno, basaltos con olivino y clinopiroxeno, y basaltos con plagioclasa, que presentan un color verde oscuro a negro, de aspecto masivo o con un bandeado de flujo, en general afectados por una intensa alteración espilítica. En algunas rocas se observan texturas vesiculares y amigdalares. Se observan también tipos texturales brechoides aglomeráticos, amigdalares, hialoclásticos y también doleríticos, estas últimas posiblemente asociadas a diques de alimentación o coladas de mayor potencia. Los basaltos están compuestos por fenocristales y matriz. Los fenocristales son de plagioclasa prismática subidiomorfa, que suele formar agregados en sineusis, de clinopiroxeno y ortopiroxenos (modalmente menos abundantes) subidiomorfos, y xenocristales de olivino bastante fresco. La matriz está definida por microfenoblastos de plagioclasas, orientados definiendo la fluidalidad o decusados, que se destacan sobre un material microcristalino y criptocristalino bastante opaco. También pueden aparecer en la mesostasia escasos piroxenos.

Se superpone una alteración espilitica bastante intensa que origina el reemplazamiento de los ferromagnesianos a agregados pseudomórficos de epidota, sericita, clorita y opacos; la iddingsitización de los escasos olivinos; la albitización, epidotización y sericitización de plagioclasas, con formación de pumpellita en ocasiones; y la formación de una mesostasia opaca que originariamente fue vitrea. La espilitización rellena las vesículas de la lava por agregados de clorita y zeolitas de hábitos fibroso-radiales drúsicos, así como reemplaza al basalto en parches formados por clorita, epidota amarilla, esferulitos y cuarzo. En los tipos bréchicos, la espilitización está relacionada con la formación e impregnación asociada a venas hidrotermales rellenas de agregados de sericita, calcita, pumpellita, cuarzo y epidota, con clorita y prenhita minoritarias. La espilitización es consecuencia de la alteración o metamorfismo hidrotermal por aguas calientes de procedencia marina que penetran a favor de fracturas en la roca, en momentos posteriores a su emplazamiento como flujos o aglomerados submarinos.

3.1.2.4. Unidad riodacítica superior (6)

Las rocas estudiadas de la unidad riodacítica superior son flujos de lavas ácidas subacuosas, probablemente relacionados con intrusiones sin-volcánicas de domos y productos volcanoclásticos asociados.

Las lavas son dacitas y riodacitas caracterizadas por texturas porfídicas, en las que los fenocristales se destacan sobre una matriz afanítica de tonos marrones y rojizos. Los fenocristales son de plagioclasas milimétricas, de idio- a subidiomorfos, y muy probablemente de anfíbol completamente pseudomorfizado a agregados clorítico-sericíticos. La matriz es afanítica y está compuesta por un entramado microcristalino a criptocristalino de microfenocristales alotriomorfos de plagioclasa ácida, agregados de sericitas, cuarzo y opacos, aunque no se observa muy bien debido a la intensa tinción supergénica por óxidos y oxihidróxidos de Fe-Ti. El conjunto es probablemente resultado de la desvitrificación de pasta o vidrio volcánico. Otros procesos de alteración reconocidos son la sericitización de las plagioclasas, la cloritización de los ferromagnesianos y la oxidación de los opacos.

Asociadas a las riodacitas se han observado niveles de tobas de composición basáltica y de cineritas riodacíticas. En los primeros depósitos, el tamaño medio de los fragmentos es lapilli (>2 mm), por lo que se tratarían de tobas líticas de lapilli o brechas, pues son fragmentos líticos el tipo predominante. Los fragmentos de rocas volcánicas son de composición

basáltica y de texturas muy variadas: basaltos fluidales, traquíticos, porfídicos con fenocristales de plagioclasa, afaníticos, espiliticos y vesiculares. Los fenocristales son de plagioclasas formando en algunos clastos agregados glomeroporfídicos y en otros definiendo una textura fluidal traquítica. Están variablemente alteradas, así como los muy escasos piroxenos observados, completamente cloritizados y reemplazados a agregados de clorita, sericita y epidota. La matriz es de pasta desvitrificada, con microlitos, óxidos rojos (hematites) y sobre todo de cemento de calcita. Estos depósitos volcánicos son probablemente el resultado de la resedimentación durante la erupción de elementos autoclásticos en un medio marino relativamente somero, pues se asocian con depósitos piroclásticos.

Los niveles piroclásticos más finos son de composición intermedio-ácida y de textura hipidiomorfa, fanerítica, subequigranular de grano muy fino. El tamaño de grano de las partículas es <2 mm, por lo que originariamente se trataría de cineritas gruesas. Presenta escasos microfenocristales angulosos de plagioclasa ácida y cuarzo, inmersos en una matriz bastante recrystalizada. Dicha matriz está constituida por un agregado sin orientación y de tamaño de grano muy fino (micro y criptocristalino) de albita, cuarzo, sericita, clorita, opacos, óxidos de Fe y alguna epidota amarilla accidental. La alteración produce la sericitización y albitización de plagioclasas, la cloritización de ferromagnesianos y una silicificación en parches.

3.1.2.5. Unidad basáltico-andesítica superior (7).

Las lavas son de grano muy fino, con una posible esquistosidad poco penetrativa, hidrotermalizada a través de un sistema de venas rellenas de epidota, clorita, cuarzo y calcita. La textura es porfídica de matriz afanítica micro y criptocristalina. Se distinguen cristales milimétricos de plagioclasa variablemente alteradas, que forman agregados en sineusis. También se observan posibles vacuolas rellenas de micas blancas drúsicas. Posiblemente la roca debió tener algún pequeño prisma de piroxeno, pero es inidentificable por la alteración y reemplazamientos de clorita+epidota+mica blanca. La mesostasia está reemplazada a un agregado muy fino, micro y criptocristalino, de sericita, clorita, arcillas, óxidos de Fe-Ti y opacos

Los términos piroclásticos estudiados petrográficamente en la unidad, son de composición intermedia-básica, y aparecen soldados. Con textura afírica, presentan una cierta fábrica

deformativa en torno a una zona de desarrollo de venas cuarzo-sericíticas claras. Se observan microfenoblastos de plagioclasa, cuarzo y de fragmentos de rocas oscuras plagioclásicas, en general fuertemente reemplazados a un agregado oscuro de clorita, sericita y epidota microcristalina muy fina, y hematites pelicular que impregna y tiñe la roca (alteración superficial). La matriz es escasa y recrystalizada, y está compuesta por un agregado micro y criptocristalino de sericita, clorita, hematites y opacos.

3.1.3 Petrología de la Fm Las Guayabas (9)

Los tipos petrográficos de rocas volcánogénicas observados en la Fm Las Guayabas corresponden principalmente a cristaltobas basálticas con olivino y clinopiroxeno; también se describen tipos subordinados de areniscas tufáceas de grano fino/medio.

Las tobas son rocas piroclásticas, soldadas, de composición basáltica y desprovistas de fábricas deformativas. Presentan fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno y, en ocasiones, olivino. Como accesorios contienen magnetita, opacos y óxidos de Fe-Ti. En las muestras estudiadas, la proporción de cristales es mayor a la de fragmentos de roca, por lo que se trataría de una toba de cristales. Los fragmentos de rocas son relativamente variados y consistentes en: basaltos microporfídicos y basaltos desvitrificados, bastante opacos por oxidación del agregado de la pasta. Los fenocristales de plagioclasa están variablemente reemplazados a un agregado verde de sericita y epidota microcristalina muy fina. Los ferromagnesianos están reemplazados a clorita, iddingsita y epidota. La matriz es escasa y está compuesta por un agregado micro y criptocristalino de sericita, clorita, arcillas, óxidos y opacos. Hay huecos subredondeados y grietas rellenas de calcita.

Las areniscas volcánogénicas (tufácea) son rocas epiclásticas, de colores rojos y verdes, de grano fino-medio, sin apenas matriz, con abundantes fragmentos de rocas basálticas, vítreas y cristales. Se distinguen fragmentos de rocas volcánicas basálticas de texturas fluidal y porfídica de microfenocristales de plagioclasa y, en ocasiones, fragmentos de vidrio vesicular fragmentado (shards < 1 mm). Entre los cristales, se observan plagioclasas variablemente alteradas, cuarzo generalmente fragmentado, clinopiroxeno completamente cloritizado y otros minerales completamente reemplazados por calcita. Hay una gran cantidad de minerales opacos ferruginizados (hematites). Se observa una cierta organización de los fragmentos y un buen empaquetamiento de los mismos que sugieren un cierto retrabajamiento, así como estructuras posiblemente orgánicas, calcificadas y

silicificadas, que confirman que la roca es sedimentaria volcanogénica. Existe incluso epimatriz de sericita+clorita+opacos resultado de la desagregación de fragmentos de rocas, y desarrollo local de cementos de cuarzo y calcita. Hay también grietas rellenas de clorita y cuarzo.

3.2. Geoquímica

3.2.1. Geoquímica de la Fm Los Ranchos e intrusivos relacionados

Esta caracterización geoquímica se ha realizado para el conjunto de las rocas de la Fm Los Ranchos muestreadas en la Cordillera Oriental en las Hojas del presente proyecto y para los intrusivos asociados que afloran en su núcleo.

Las rocas de la Fm Los Ranchos utilizadas para determinar las características geoquímicas fueron aquellas que no presentan texturas de cumulos ígneos o una gran abundancia de fenocristales (Fig. 3.2.1). 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 Fm 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 (Fig. 3.2.2). 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 Fig. 3.2.3 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 Fm 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 la unidad basáltica intermedia de la Hoja de Antón Sánchez (¿Mb La Naviza?) ($\%MgO > 3,3$); y rocas volcánicas riolíticas e intrusiones cuarzodioríticas y tonalíticas ($\%MgO < 1,4$).

La comparación de muestras de la Fm Los Ranchos con un similar grado de fraccionación (o $Mg\#$) revela la existencia de una gran variación tanto en la abundancia de elementos traza como en el tipo de diagrama de REE extendido resultante al normalizar los análisis respecto al manto primordial (Fig. 3.2.4). 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 afectadas 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 (Figs. 3.2.5 y 3.2.1): 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 Fig.3.2.4, 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.

FIG. 3.2.1. TABLA DE RELACIÓN DE MUESTRAS DE GEOQUÍMICA DE LA FM. LOS RANCHOS

Unidad	Litología	Muestra	clasificación TAS	Mg#	(Zr/Sm)N	(La/Yb)N	Tipo	
Los Ranchos (indif.)	Basalto	JM-9022	<i>basalto</i>	65,73	0,52	0,62	1	<i>boninita</i>
Los Ranchos (indif.)	Volcanoclastica	JM-9289	<i>basalto andesítico</i>	46,85	0,58	0,28	1	
Los Ranchos (indif.)	Basalto	JM-9598	<i>basalto</i>	52,83	0,54	0,45	1	
Los Ranchos (indif.)	Riolita ?	JM-9600	<i>riolita</i>	25,22	1,02	0,51	3	
Los Ranchos (indif.)	Andesita porfírica	JM-9320	<i>basalto andesítico</i>	45,81	0,66	0,69	1	
Los Ranchos (indif.)	lava intermedia	JG-9067	<i>basalto andesítico</i>	62,38	0,80	0,82	2	<i>boninita?</i>
Los Ranchos (indif.)	canto basalto en brecha	JG-9068	<i>riolita</i>	26,22	1,69	0,71	3	
Los Ranchos (indif.)	basalto dolerítico	JG-9072	<i>basalto</i>	45,78	0,67	0,79	3	
Los Ranchos (indif.)	lava básica	JG-9074	<i>basalto</i>	39,74	0,64	0,64	2	
Los Ranchos (indif.)	lava básica	AD-9034	<i>andesita</i>	53,77	1,03	0,50	1	<i>boninita?</i>
Los Ranchos (indif.)	lava básica	AD-9035	<i>basalto andesítico</i>	60,87	0,74	0,66	1	<i>boninita</i>
Los Ranchos (indif.)	Riolita	JM 9365	<i>riolita</i>	24,82	1,50	1,17	3	
Los Ranchos (indif.)	Riolita	JM 9304	<i>riolita</i>	18,24	0,68	1,92	3	
Los Ranchos (indif.)	Andesita porfídica	JM 9636	<i>basalto andesítico</i>	45,58	0,75	0,93	2	
Los Ranchos (indif.)	Colada de basalto	JM 9158	<i>andesita</i>	40,55	0,64	0,72	2	
Los Ranchos (indif.)	Riolita	JM 9734	<i>riolita</i>	36,95	0,91	0,58	3	
La Naviza	Basalto/Bas. Andesítico	HH-9019	<i>basalto</i>	56,41	0,52	1,36	1	
La Naviza	Basalto/Bas. Andesítico	HH-9035	<i>basalto andesítico</i>	43,64	0,50	0,54	1	<i>boninita?</i>
Meladito Fragmental	Brecha piroclástica	HH-9038	<i>dacita</i>	43,84	0,53	1,69	2	
Serie Riolítica Inferior	Riolitas	HH-9046	<i>riolita</i>	10,51	0,97	1,63	3	
Serie Riolítica Inferior	Riolitas	HH-9046du	<i>riolita</i>	10,76	1,01	1,78	3	
Serie Riolítica Inferior	Riolitas	HH-9049	<i>riolita</i>	29,03	1,37	1,11	3	
Serie Riolítica Superior	Riodacita	HH-9071	<i>riolita</i>	20,44	1,31	1,21	3	
Serie Riolítica Superior	Riodacita	HH-9072	<i>riolita</i>	27,65	1,15	1,14	3	
Intrusivo básico	Roca básica	AD-9037	<i>andesita</i>	49,67	0,29	2,53	3	
Granitoide	Gabro	JM-9177	<i>basalto andesítico</i>	46,04	0,61	0,26	1	Mz S.G. Boyá
Granitoide	Tonalita/Cuarzodiorita	JM 9070	<i>dacita</i>	36,26	1,19	1,39	3	Mz El Valle
Granitoide	Microgabro	JM 9274	<i>basalto</i>	53,54	0,82	1,29	2	
Granitoide	Microgabro	RE/JM 9274	<i>basalto</i>	53,50	0,90	1,45	2	
Granitoide	Tonalita/Cuarzodiorita	JM-9176	<i>riolita</i>	33,63	1,03	0,42	3	Mz S.G. Boyá
Granitoide	Tonalita	HH-9044	<i>riolita</i>	34,38	1,03	0,55	3	Mz Haitises
Granitoide	Tonalita/Cuarzodiorita	JM-9181	<i>riolita</i>	28,25	0,85	0,50	3	Mz S.G. Boyá

Tipo I: toleitas de arco isla (IAT) pobres en Ti y LREE; Tipo II: toleitas de arco isla (IAT) normales y pobres en Ti; Tipo III: rocas félsicas, que incluye las rocas volcánicas ácidas de la Fm. Los Ranchos y los intrusivos de composición tonalítica y cuarzodiorítica genéticamente relacionados.

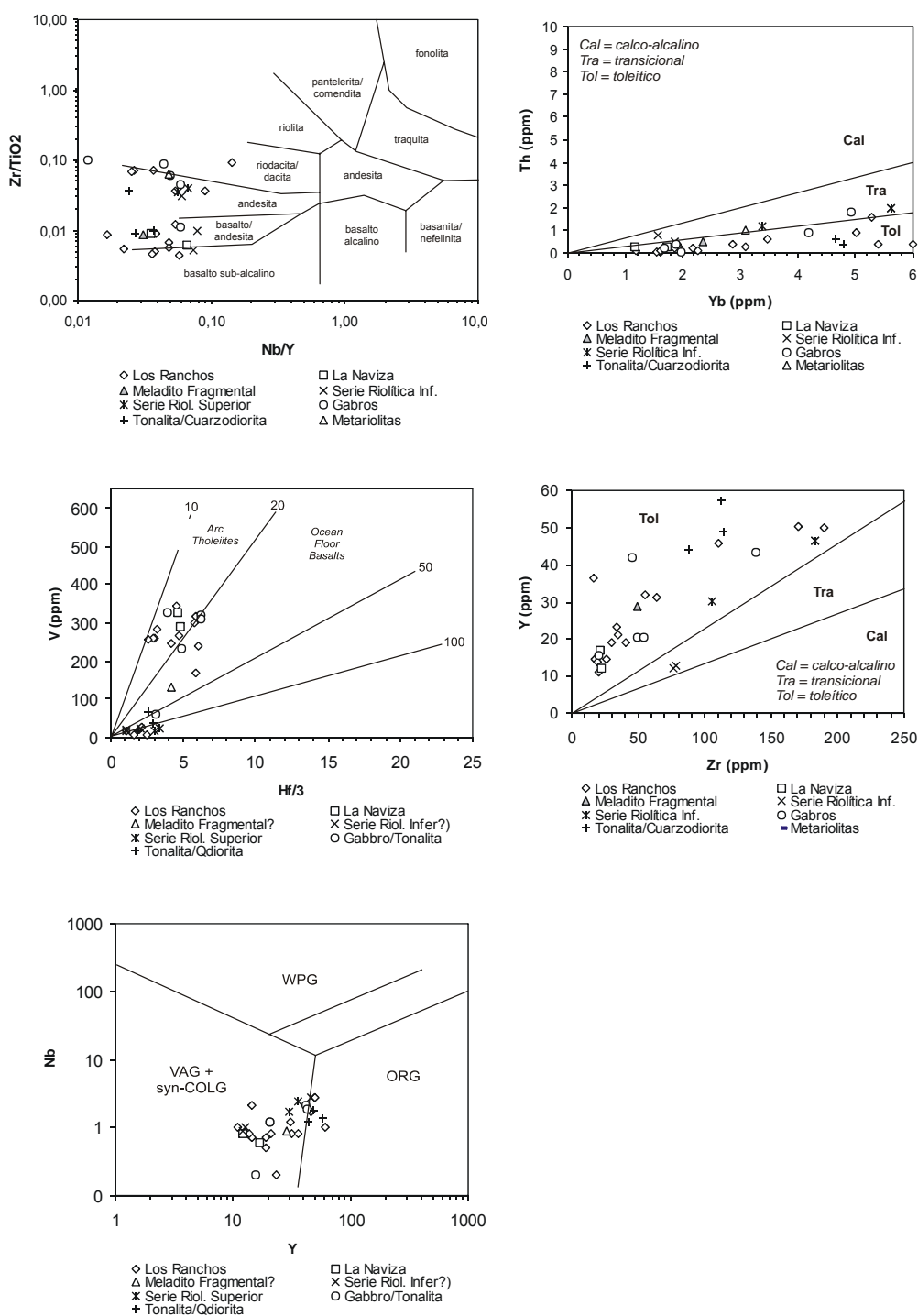


Fig. 3.2.2. Proyección de las rocas de la Fm. Los Ranchos en los diagramas Nb/Y versus Zr/TiO₂ (Winchester y Floyd, 1977), Yb-Th y Zr-Y (Barrett y MacLean, 1999), Ti/1000-V de Shervais (1982) e Y-Nb de discriminación de granitoides (Pearce et al., 1984).

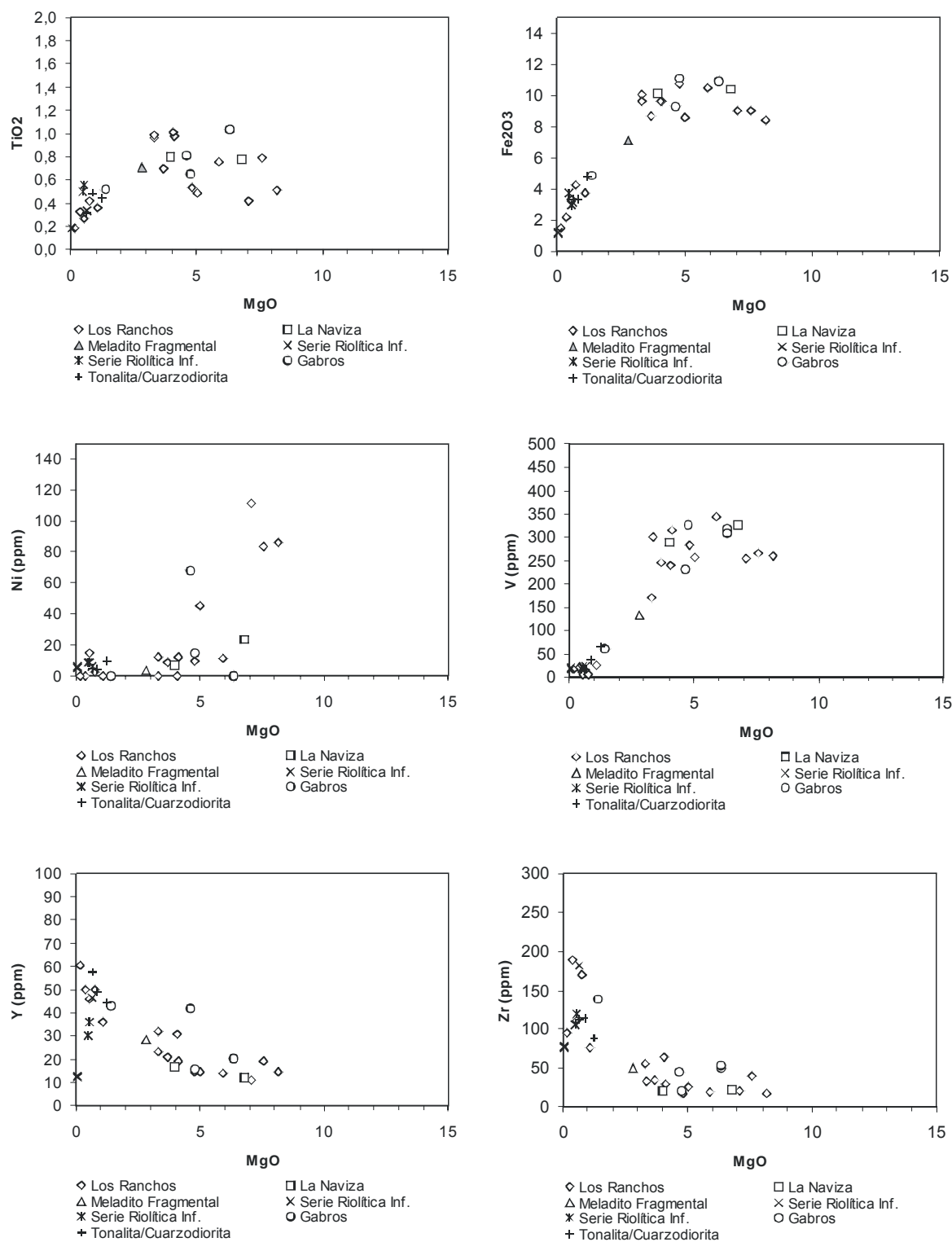
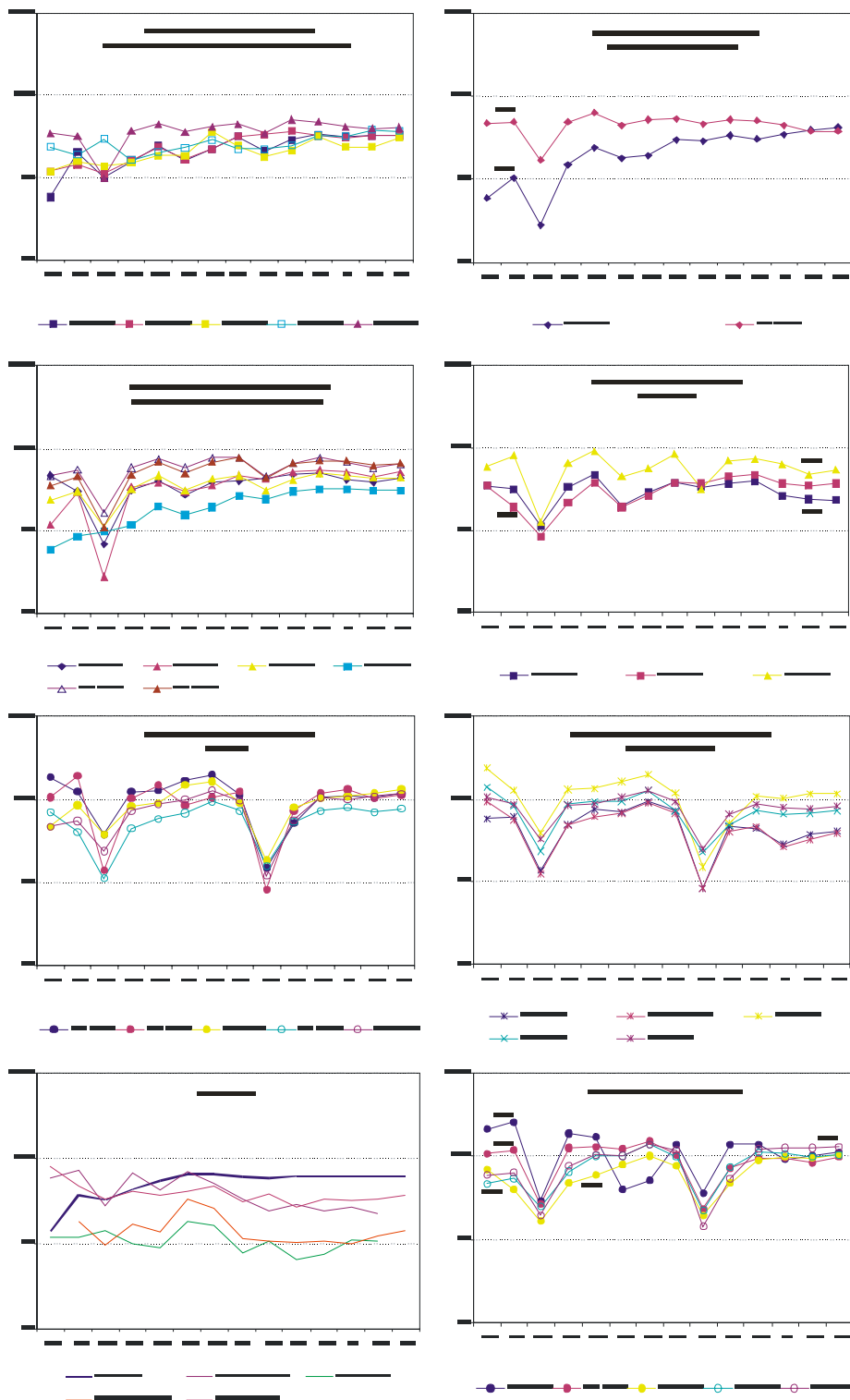


Fig. 3.2.3. Diagramas binarios frente al MgO para las rocas de la Fm. Los Ranchos.



Rocas volcánicas: Tipo 1 y Mb. La Naviza = cuadrados; Tipo 2 y Mb. Meladito = triángulos; Tipo 3 = círculos; Series riolíticas = estrellas
Rocas intrusivas: Tipo 1 = rombos; Tipo 3= tonalitas y cuarzodioritas

Fig. 3.2.4. Diagramas extendidos de REE para los distintos tipos de rocas diferenciados en Fm. Los Ranchos agrupados en función del Mg#.

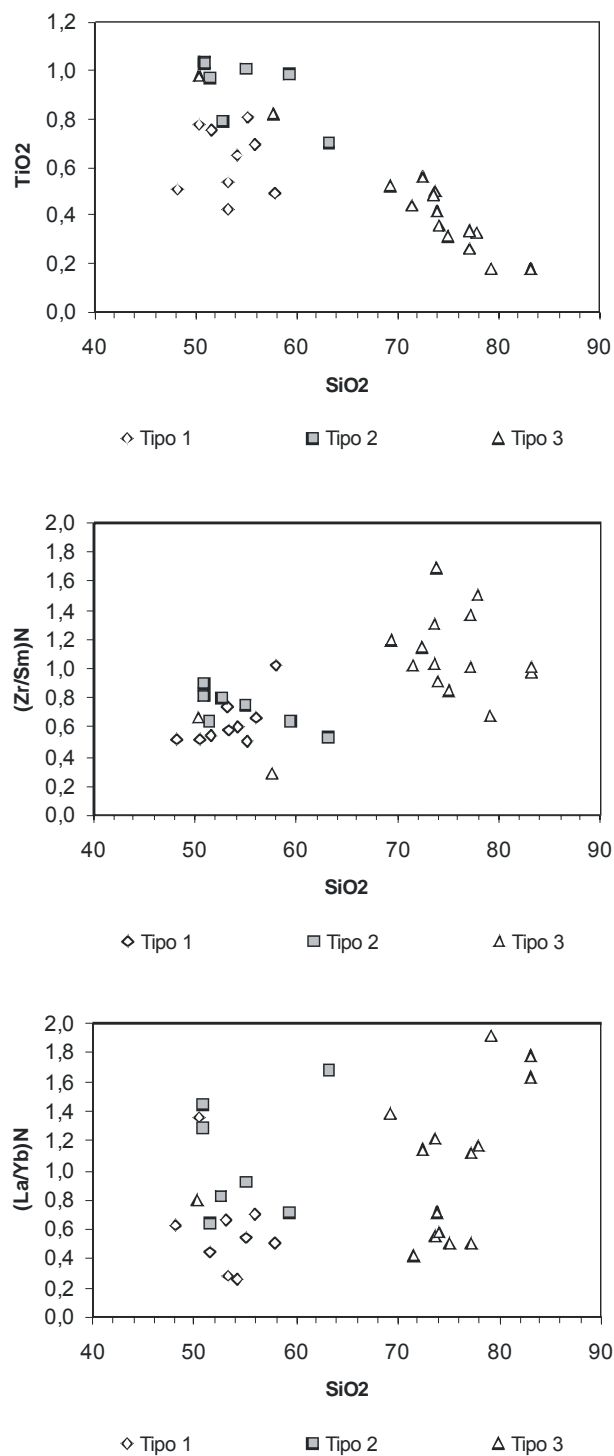


Fig. 3.2.5. Diagramas binarios SiO₂ versus TiO₂, (Zr/Sm)_N y (La/Yb)_N para las rocas de la Fm. Los Ranchos.

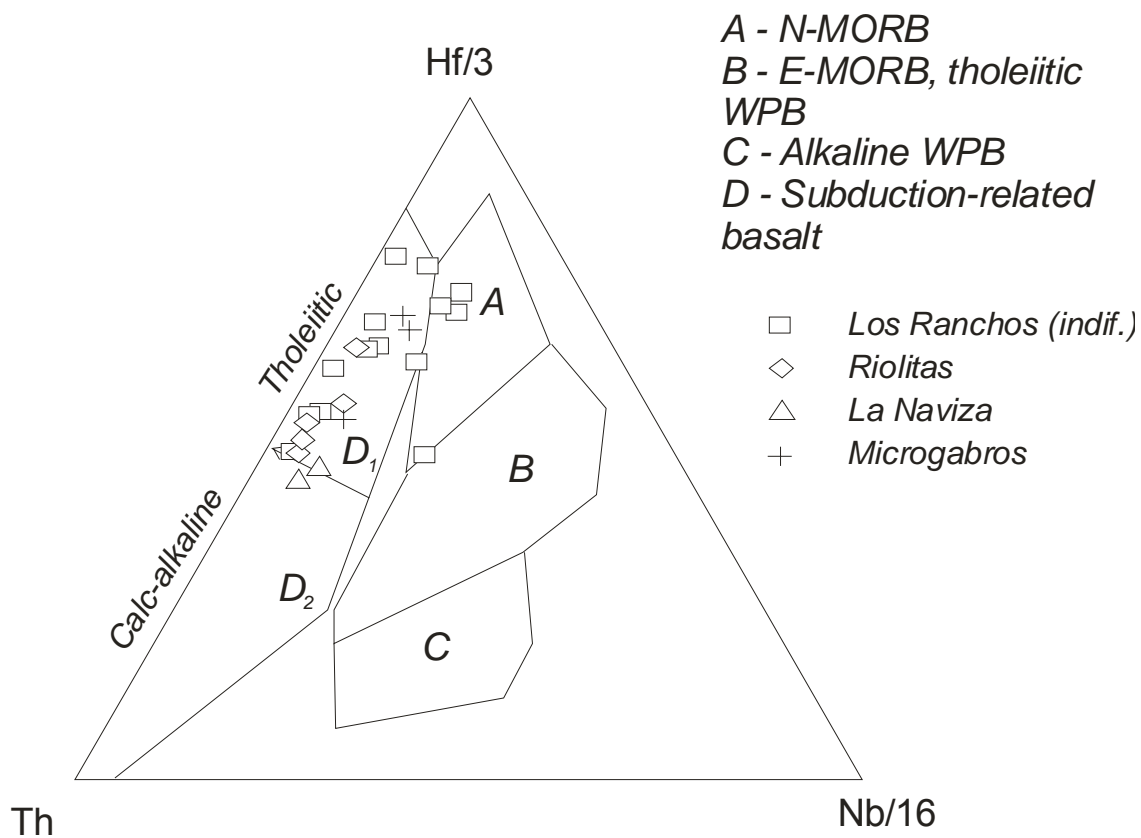


Fig. 3.2.6. Diagramas triangular Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980) para las rocas de la Fm. Los Ranchos.

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

- **a) 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 de la unidad basáltica intermedia de esta Hoja de Antón Sanchez (¿Mb La Naviza?) y los gabros masivos y diques máficos microgabroícos 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 (Fig. 3.2.4), 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 (Fig. 3.2.4), 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 boniniticas ($SiO_2 > 53\%$, $MgO > 8\%$, $TiO_2 < 0,5$; *sensu Crawford et al.*, 1989), aunque los elementos mayores pueden haber sido movilizados. El patrón de REE extendido de la unidad basáltica intermedia de la Hoja de Antón Sanchez (¿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 sugieren una fuente mantélica muy empobrecida y altas tasas de fusión parcial.

- **b) 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 (Fig. 3.2.4), 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 $(\text{La/Yb})_N$ 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 $(\text{Zr/Sm})_N$ 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.

c) Tipo III: Rocas félsicas. Este tipo agrupa las rocas volcánicas ácidas de la Fm Los Ranchos, incluyendo las muestras de las unidades riodacíticas inferior y superior de esta Hoja de Antón Sánchez, y los intrusivos 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 SiO_2 las rocas volcánicas son de composición riodacítica y fundamentalmente riolítica (SiO_2 entre 72 y 83%). El rango de composiciones más intermedias de las tonalitas y cuarzo-dioritas (SiO_2 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 $\text{CaO}/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})$ 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 SiO_2 - K_2O del campo pobre en K, siendo el $\text{K}_2\text{O}<0.94$ en las rocas tonalíticas y cuarzodioríticas. Los contenidos en Zr y P_2O_5 son también muy bajos en comparación con las rocas félsicas típicamente calco-alcalinas. Los contenidos en TiO_2 son también muy bajos, entre 0,56 y 0,18. Los patrones de REE extendidas para las rocas volcánicas e intrusivos tonalíticos/cuarzodioríticos en la Fm Los Ranchos son muy similares para rangos de Mg# <38 (Fig. 3.2.4), lo que establece una clara conexión genética entre ambos tipos de rocas. Las riolitas presentan una distribución plana o ligeramente enriquecida en LREE $(\text{La/Yb})_N$

=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) (Fig. 3.2.6).

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). 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.

3.2.2 Geoquímica de la Fm Las Guayabas (e intrusivos relacionados – sin representación en la Hoja)

En el estudio geoquímico de la Fm Las Guayabas realizado en este proyecto, las muestras estudiadas pertenecen las Hojas de Hato Mayor (JG-9058 y JG-9070) y Monte Plata (HH-9039). Las primeras corresponden a andesitas del Mb Loma La Vega y la segunda a intrusiones tonalíticas y cuarzodioríticas relacionadas que afloran inmediatamente al oeste en la Hoja vecina de Monte Plata. Se incluyen también como comparación los análisis contenidos en el trabajo de Lebrón y Perfit (1994), relativos a muestras del sector de la Loma La Vega (Hojas de Hato Mayor y El Seibo) y que incluyen tipos litológicos de depósitos volcánicos como: flujos de lavas andesíticas de textura traquítica, brechas volcánicas y tobas ricas en cristales (Fig.3.2.7). El escaso número de análisis nuevos realizados en el presente proyecto limita la generalización de las interpretaciones que a continuación se exponen.

FIG. 3.2.7. TABLA DE RELACIÓN DE MUESTRAS DE GEOQUÍMICA DE LA FM. LAS GUAYABAS. FUENTE: ROCAS VOLCÁNICAS DE LOMA LA VEGA (LLV) PROCEDENTES DE LEBRÓN Y PROFIT (1994) Y DATOS REGIONALES PROPIOS.

Litología	Muestra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Mg#	clasificación	(Zr/Sm)N	(La/Yb)N	Tipo
andesita	JG-9058	53,90	0,79	20,44	40,79	basalto andesítico	0,54	8,01	CCA
andesita	JG-9070	53,18	0,73	21,04	43,89	basalto andesítico	0,54	8,27	CCA
Tonalita/Qdiorita	HH-9039	65,92	0,92	17,70	29,75	dacita	1,06	6,22	CCA
flujo LLV	RU-28	61,48	0,48	17,89	36,07	andesita			CCA
flujo LLV	RU-28B	60,28	0,46	20,86	35,13	andesita			CCA
flujo LLV	RU-50	62,97	0,44	18,59	27,53	andesita			CCA
toba LLV	RU-44	60,18	0,47	19,99	37,45	andesita			CCA
toba LLV	85-1	62,04	0,32	18,31	32,56	andesita			CCA
toba LLV	VSD-115	61,52	0,39	19,71	30,45	andesita			CCA
brecha vol.LLV	LLV	63,15	0,44	18,61	17,14	dacita			CCA
brecha vol.LLV	85-4	61,84	0,52	18,51	29,79	andesita			CCA
brecha vol.LLV	MC-1MC-2	62,10	0,61	17,60	22,90	andesita			CCA
flujo LLV	RU-20	61,84	0,44	19,02	29,13	andesita	1,24	6,85	CCA
toba LLV	86-IM	63,16	0,44	18,78	43,93	dacita			CCA
flujo LLV	87-20	62,03	0,42	18,54	33,21	andesita	0,92	7,19	CCA
toba LLV	87-14	64,01	0,35	18,49	19,96	dacita	1,08	5,45	CCA
toba LLV	87-10								CCA
toba LLV	87-7								CCA
toba LLV	86-1						0,98	7,66	CCA
toba/epiclastica	RU-52								

CCA=*calc-alkaline*

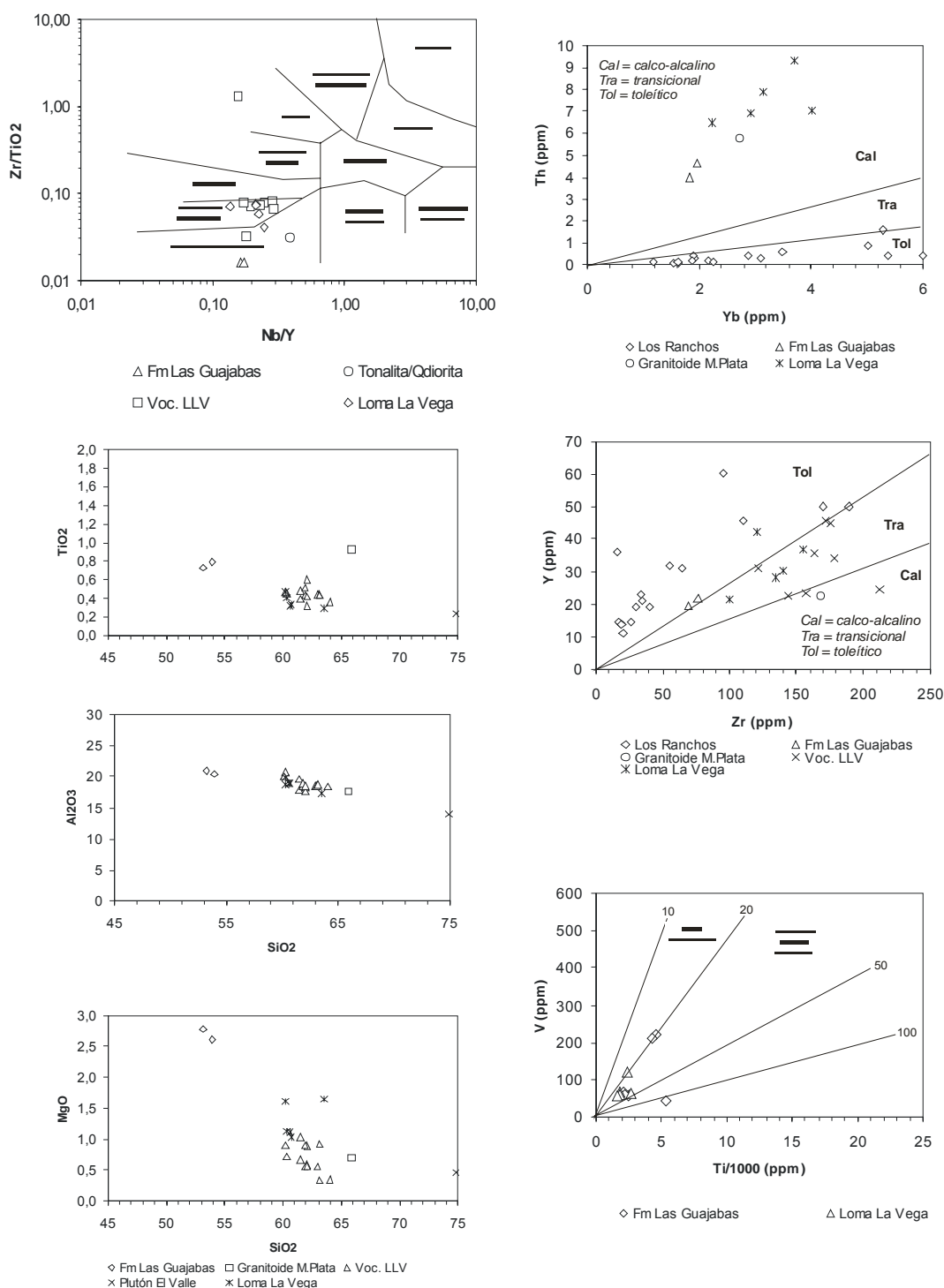


Fig. 3.2.8. Proyección de las rocas de la Fm. Las Guajabas en los diagramas Nb/Y versus Zr/TiO_2 (Winchester y Floyd, 1977), $Yb-Th$ y $Zr-Y$ (Barrett y MacLean, 1999), $Ti/1000-V$ de Shervais (1982), diagrama triangular $Hf/3-Th-Nb/16$ de Wood (1980) y los diagramas binarios SiO_2 frente a TiO_2 , Al_2O_3 , MgO y K_2O . Notar las posición de las muestras del Mb. Loma La Vega y de los granitoides del sector de Monte Plata en los distintos diagramas.

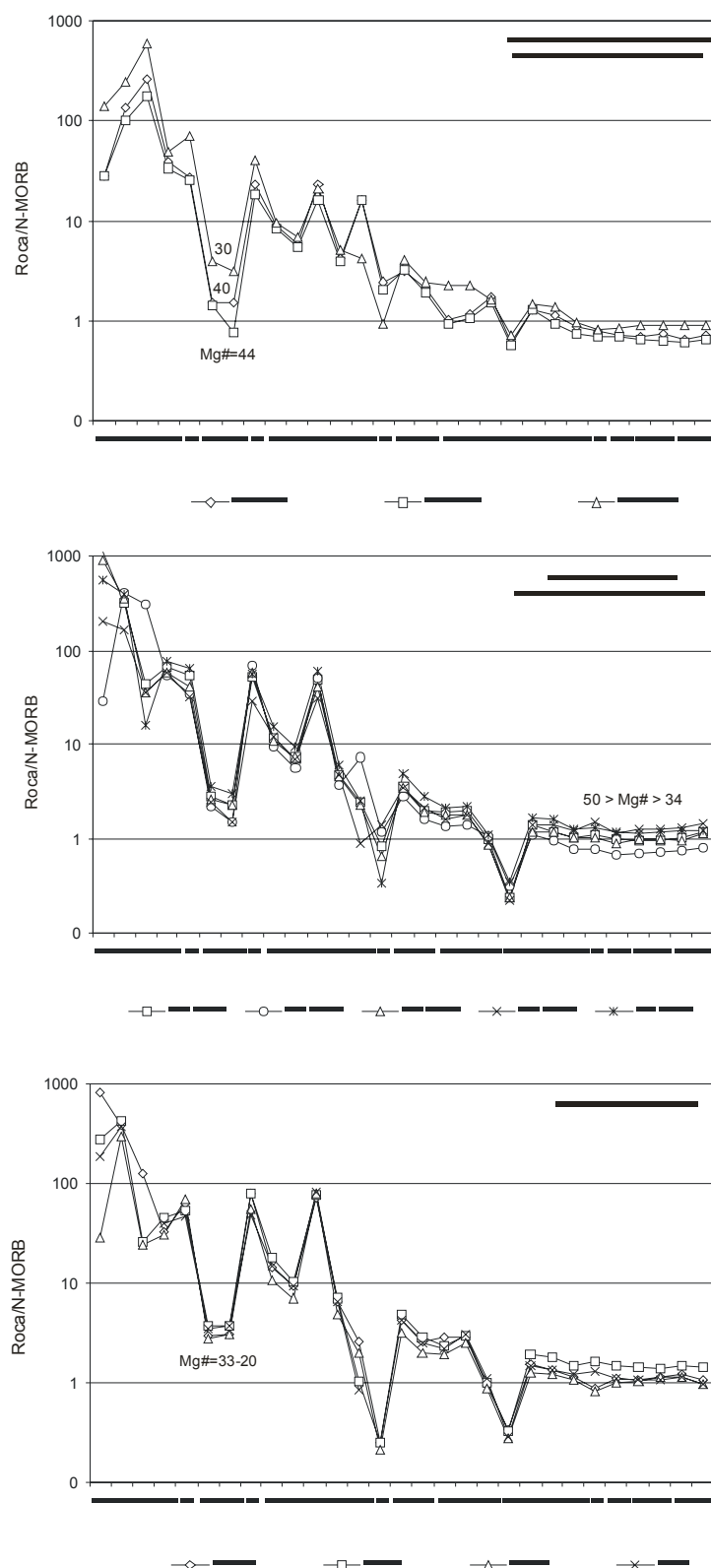


Fig. 3.2.9. Diagramas multielementales para las rocas de la Fm. LasGuajabas agrupados en basaltos y andesitas calco-alcalinas y dacitas ricas en K.

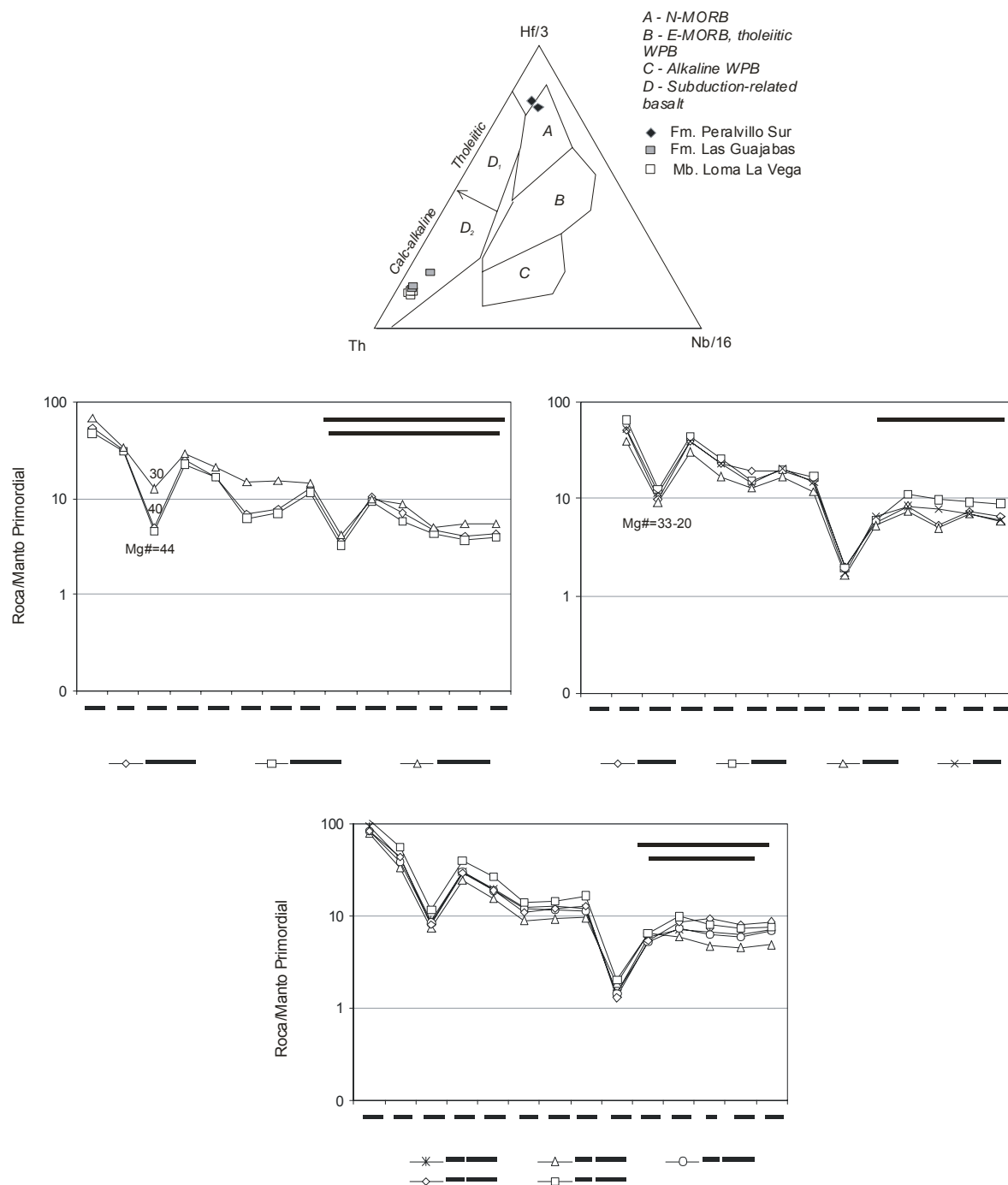


Fig. 3.2.10. Diagramas extendidos de REE para las rocas de la Fm. Las Guajabas agrupados en basaltos y andesitas calco-alcálinas y dacitas ricas en K.

Composicionalmente se trata de un grupo de basaltos andesíticos, andesitas y dacitas, relativamente bastante fraccionadas ($Mg\#$ de 44 a 20) y generalmente ricas en K_2O (entre 2,7 y 12%) y Na_2O (entre 2,6 y 5,8%). Presentan contenidos altos en Al_2O_3 (entre 17,0 y 21,0%), Rb y Sr, y bajos en TiO_2 (<1,0%) y MgO (<1,0%), incluyendo los basaltos andesíticos del Mb La Vega donde son de 2,5 y 2,7% (Fig. 3.2.8). Sin embargo, los altos contenidos en álcalis y otros elementos mayores pueden ser debidos a la alteración y la movilidad de ciertos elementos, por lo que es necesario considerar a los elementos considerados inmóviles durante los procesos de alteración y/o metamorfismo. En el diagrama Nb/Y *versus* Zr/TiO₂ de Winchester y Floyd (1977) caen en el campo de los basaltos/andesitas y las muestras del Mb La Vega y las tonalitas/cuarzodioritas en el campo de los basaltos subalcalinos. Los términos basálticos muestran una clara afinidad transicional y calco-alcalina en los diagramas Yb *versus* Th y Zr *versus* Y (Barrett y MacLean, 1999), diferenciándose claramente de las toleitas pobres en K 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.

En un diagrama multielemental normalizado frente a N-MORB (Fig. 3.2.9), los basaltos 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 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; Briquieu *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.

Análogamente, en un diagrama extendido de REE normalizado respecto al manto primordial (Fig. 3.2.10), 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.

3.3. Dataciones absolutas

En el marco del presente Proyecto, 8 muestras de rocas magmáticas, intrusivas o efusivas, de la Cordillera Oriental Dominicana, se han analizado en el *Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research, Earth and Ocean Sciences*, de la Universidad de British Columbia, en Vaucouver (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 $^{40}Ar/^{39}Ar$ por calentamiento escalonado en minerales separados (horblenda o feldespato potásico). Existen informes originales datallados 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 3.3.1.

3.3.1. Descripción de las Técnicas Analíticas

3.3.1.1. Técnica analítica por el método U/Pb

Los circones y otros minerales accesorios se extrajeron de las muestras mediante técnicas convencionales de machacado y de separación mediante tabla Wilfley, a las que siguió una concentración final mediante líquidos pesados y separación magnética. Las fracciones minerales a analizar se seleccionaron en función de la calidad del grano, tamaño, susceptibilidad magnética y morfología. Con el objeto de minimizar los efectos de la pérdida de Pb próxima a la superficie de los granos, todas las fracciones de circones se sometieron, previamente a su disolución, a una abrasión por aire usando la técnica de Krogh (1982). Posteriormente se disolvieron en una solución extrapura 3N de HNO₃, 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 HNO₃ 14N bajo punto de ebullición, en presencia de un trazador mixto de $^{233-235}\text{U}$ - ^{205}Pb y durante 40 horas a 240°C.

La disolución se llevó a cabo en bombas de acero inoxidable Parr con líneas PTFE de teflón de 250 ml. Posteriormente las soluciones fueron secadas de sales y re-bombadas en $\sim 200\mu\text{l}$ 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 redisolviaron 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 $2\mu\text{l}$ 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 $^{233-235}\text{U}$, y las relaciones isotópicas de Pb se corrigieron para una fraccionación del 0,37 %/amu, en base a análisis duplicados del estándar de Pb NBS-981 y los valores recomendados por Thirlwall (2000). Los blancos analíticos para el U y el Pb fueron menores de 1 y 3 pg, respectivamente. La composición isotópica del Pb común fue derivada del

modelo de Stacey y Kramers (1975). Todos los errores analíticos fueron propagados numéricamente a lo largo del cálculo completo de la edad siguiendo la técnica de Roddick (1987). Las edades de intersección con la curva de concordia y los errores asociados se calcularon usando una versión modificada del modelo de regresión York-II (donde los errores York-II se multiplican por el MSWD) y el algoritmo de Ludwig (1980). Todas las edades se refieren al nivel 2σ de incertidumbre.

3.3.1.2. Técnica analítica por el método Ar/Ar

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 separaron 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: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, $K=0.0302$; $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, $\text{Ca}=1416.4306$; $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, $\text{Ca}=0.3952$; $\text{Ca}/K=1.83$, $^{37}\text{ArCa}/^{39}\text{ArK}$).

Las edades de *plateau* y por correlación inversa (método de la isocrona inversa) se han calculado utilizando el programa ISOPLOT versión 3.09 (Ludwig, 2003). Los errores se refieren al nivel 2σ (95% de confianza) e incluye la propagación de los errores procedentes

de todas las fuentes, a excepción de los procedentes de la sensibilidad del espectrómetro de masas y la edad del monitor de flujo. *Los “picos” para las edades obtenidas mediante correlación inversa y de plateau son arbitrarios y se deben considerar como tentativas, ya que el trabajo analítico se ha realizado sin conocer de forma directa el contexto geológico de las muestras. La interpretación de los resultados analíticos ha de hacerse en el contexto de la diferente temperatura de cierre del Ar en cada mineral analizado (hornblenda: 525-450°C; moscovita: 375-325°C; biotita: 350-260°C y feldespato-K: 350-125°C), junto a la naturaleza ígnea o metamórfica de la muestra.*

3.3.2. Resultados y discusión

Los resultados, sintetizados en la tabla de la figura 3.3.2, se comentan a continuación.

3.3.2.1. Muestras de la Fm Los Ranchos

Sólo una muestra de la Fm. Los Ranchos (de las dos analizadas) se ha podido datar, por el 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 fragmentos de circón analizados, tres definen una edad de $116 \pm 0,8$ Ma (Aptiano) (Fig. 3.3.3). Este resultado es coherente con la atribución al Neocomiano de los vegetales fósiles descritos por C.J. Smiley (1982) en los alrededores de Pueblo Viejo.

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

3.3.2.2. Intrusivos tonalíticos de Cevicos, Sabana Grande de Boya y El Valle

Los granitoides de composición tonalítica, intrusivos en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos, se han muestreado en varios sectores de la Cordillera Oriental para su datación por el método Ar/Ar sobre hornblenda. :

- cuarzo-diorita de grano medio-grueso, isotropa, del batolito de Cevicos (muestra JM-9176, Hoja de Sabana Grande de Boya);

- afloramiento de tonalita hornbléndico-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 Antón Sánchez (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) (Fig. 3.3.4). Son comparables con 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 Fernández y Draper, 2000).

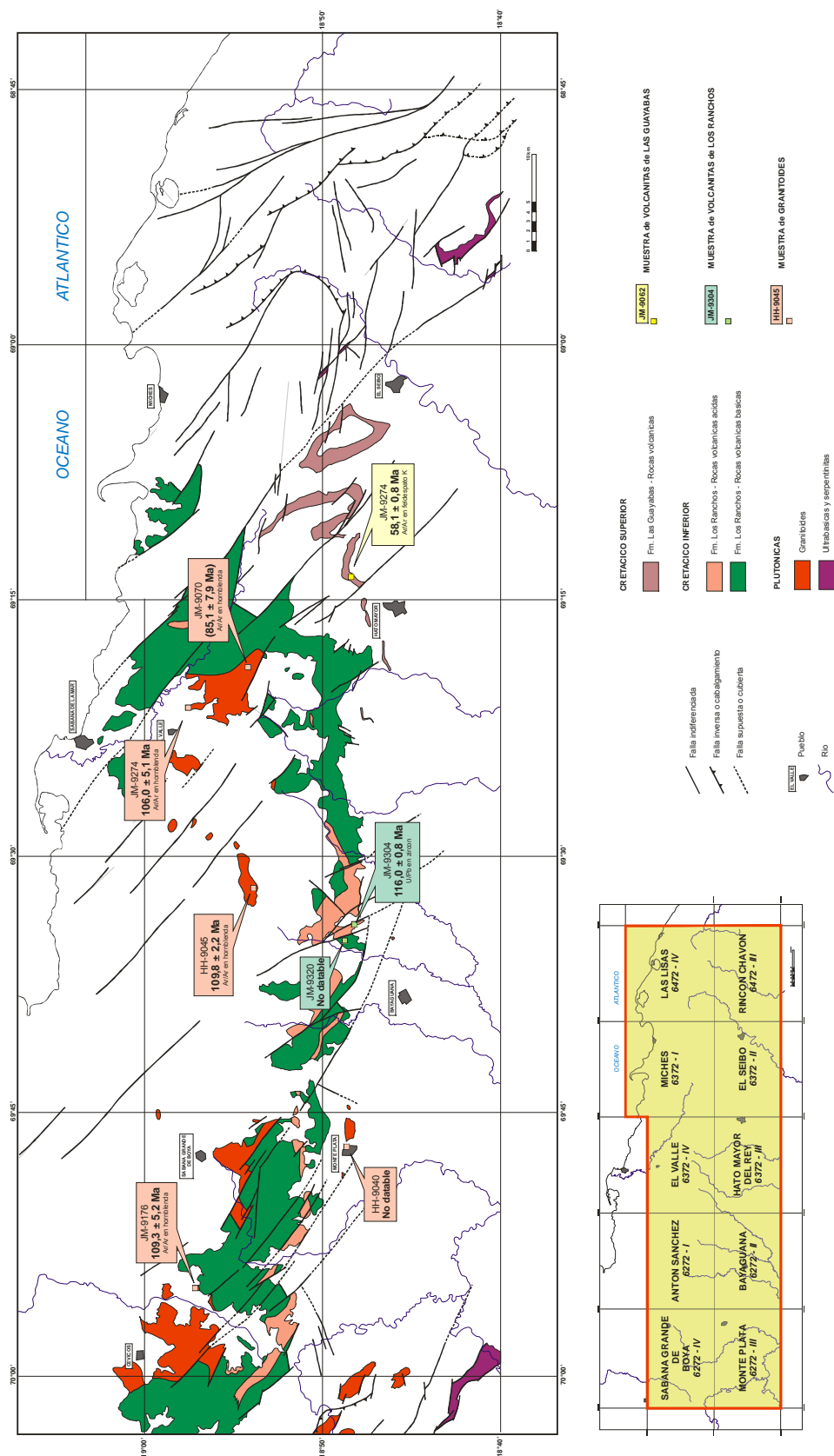
Estas edades concuerdan con la similar signatura geoquímica deducida para los intrusivos tonalíticos y las facies volcánicas ácidas de la Fm Los Ranchos (Escuder, 2004)

La edad de $85,1 \pm 7,9$ Ma obtenida con la muestra JM-9070 parece poco fiable, puesto que deriva de la integración de los valores obtenidos en los distintos escalones. Sin embargo, se debe comparar a las dataciones realizadas anteriormente por Bellon H. et al. (1985) en 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 modernas que las anteriores, reflejan probablemente un ajuste producido por el metamorfismo en facies pumpeleita-prehnita que afecta localmente la tonalita.

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

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

La edad obtenida de $58,1 \pm 0,8$ Ma (Fig. 3.3.5), refleja muy probablemente el efecto de una alteración paleocena, de origen desconocido, mucho más reciente que la extrusión lávica. Las volcanitas del Mb Loma La Vega constituyen un horizonte bien definido, intercalado en los sedimentos turbidíticos de la Fm Las Guayabas, los cuales han sido bien datados, por su contenido faunístico, como Cretácico Superior (bajo).



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	-69.51480	403 638	2 095 351	Intrusivo - Tonalilla	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCIGR	Ar/Ar en homblenda	"Plateau" Isocrona inversa	109,3 ± 5,2 Ma 119 ± 15 Ma
HH-9040	Monte Plata	6272-III			417 701	2 080 001	Intrusivo - Tonalilla	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCIGR	U/Pb en zircon		No datable
HH-9045	Antón Sanchez	6272-I			444 700	2 089 305	Intrusivo - Tonalilla	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCIGR	Ar/Ar en homblenda	"Plateau" Isocrona inversa	109,8 ± 2,2 Ma 106 ± 28 Ma
JM-9304	Bayaguana	6272-II	18.80655	-69.57068	439 865	2 079 395	Fm Los Ranchos Rodacla	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCIGR	U/Pb en zircon		116,0 ± 0,8 Ma
JM-9320	Bayaguana	6272-II	18.82021	-69.58484	438 378	2 080 911	Fm Los Ranchos Andesita	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCIGR	Ar/Ar en homblenda		No datable
JM-9070	El Valle	6372-IV	18.90401	-69.32211	466 078	2 090 112	Intrusivo - Tonalilla	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCIGR	Ar/Ar en homblenda	"Plateau" Isocrona inversa	(85,1 ± 7,9 Ma) 33 ± 25 Ma
JM-9274	El Valle	6372-IV	18.95843	-69.35665	462 452	2 096 140	Intrusivo - Microgabro	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCIGR	Ar/Ar en homblenda (1) Ar/Ar en homblenda (2)	"Plateau" Isocrona inversa "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 Guayabes Andesita	J. Mortensen, T. Ulrich, R. Friedman PCIGR	Ar/Ar en feldespatos potásico	"Plateau" Isocrona inversa	58,1 ± 0,8 Ma 59,0 ± 2,3 Ma

Fig. 3.3.2: Dataciones absolutas realizadas en el proyecto L-Este

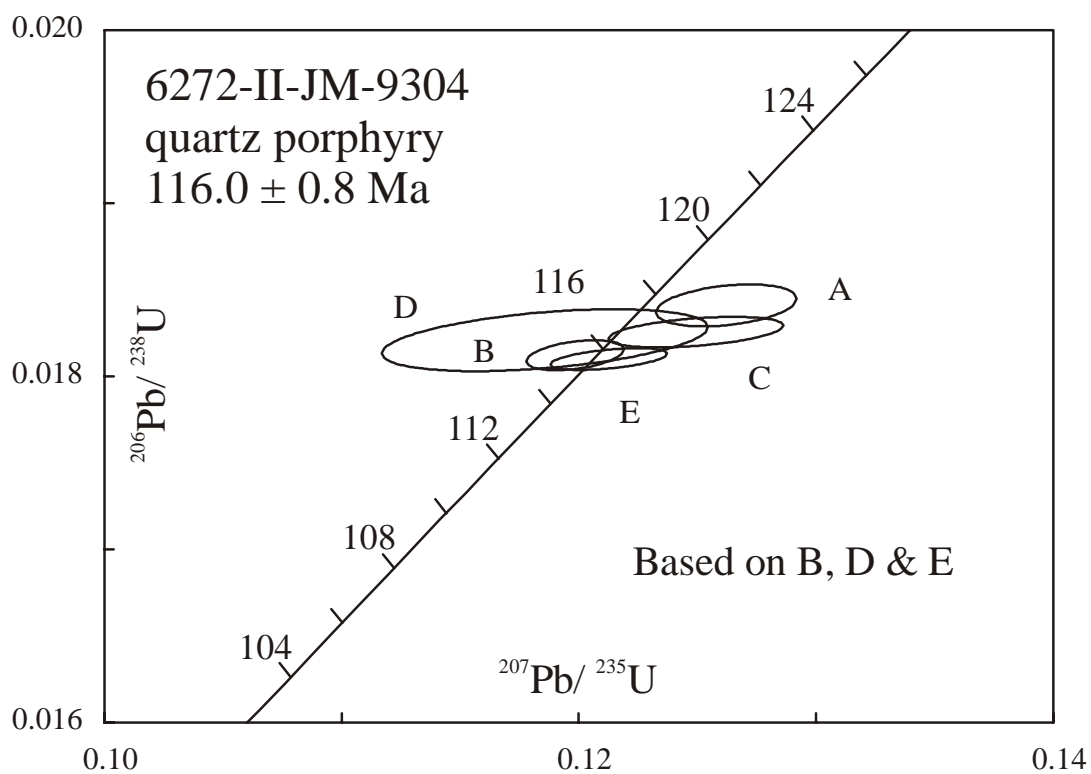


Fig. 3.3.3 : Diagrama de concordia de la datación de la muestra JM-9304, realizada por el método U/Pb. (Hoja de Bayaguana - Proyecto-L-Este)

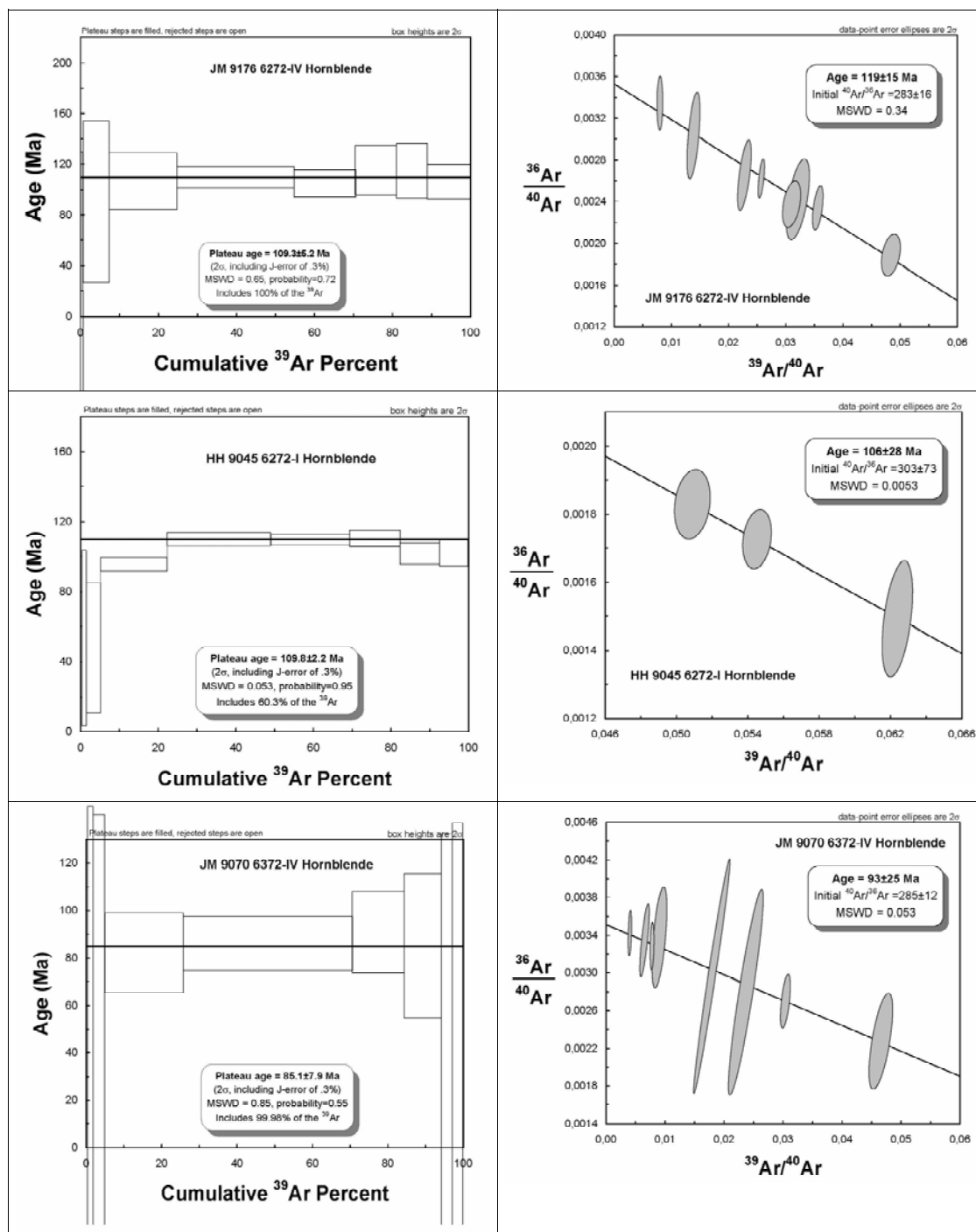


Figura 3.3.4 : Diagramas con las edades “plateau” y las isocronas realizadas por el método Ar/Ar de las muestras de granitoides (Proyecto L-Este)

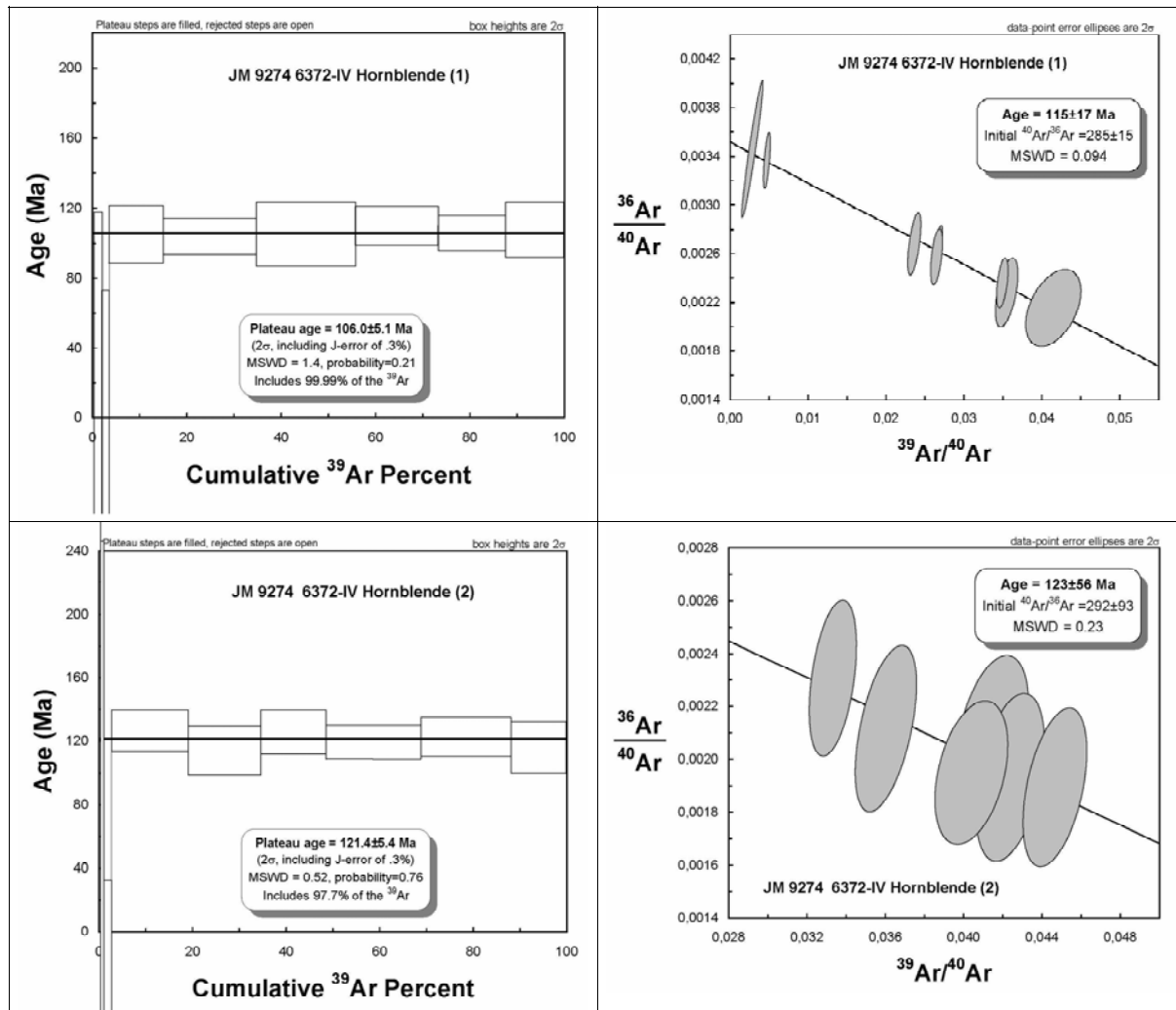


Figura 3.3.4. (Continuación) : Diagramas con las edades “plateau” y las isocronas realizadas por el método Ar/Ar de las muestras de granitoides (Proyecto L-Este)

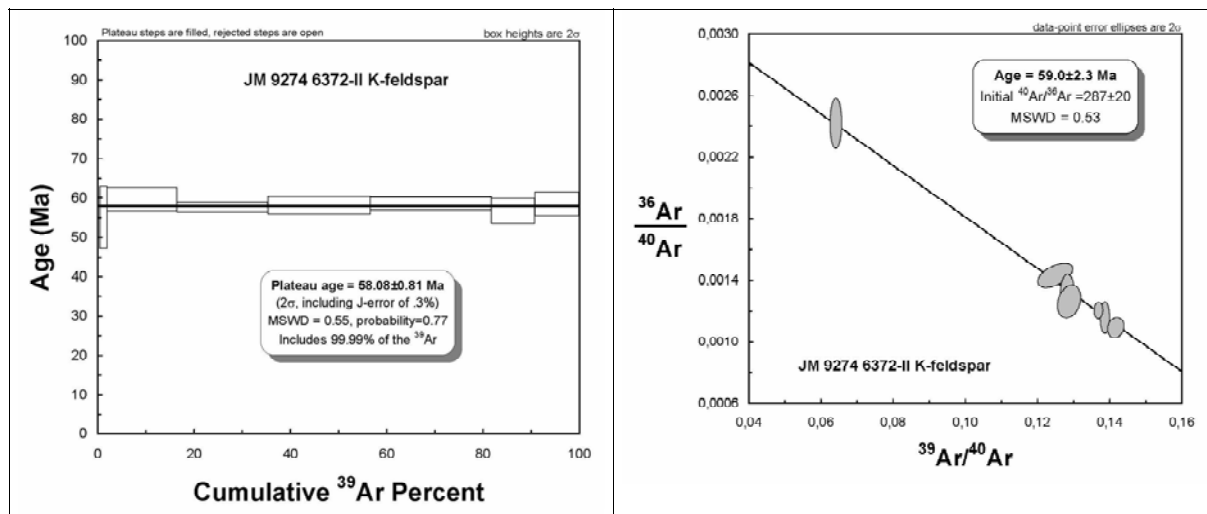


Figura 3.3.5 : Diagramas con la edad “plateau” y la isocrona realizadas por el método Ar/Ar de la muestra JM-9274 (Hoja de El Seibo - Proyecto L-Este)

4.TECTONICA

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 (Figs. 1.3.2 y 2.1.1). Su límite norte es la falla meridional de Samaná que forma parte del sistema de fallas que se prolongan hacia el NO a lo largo de la cuenca del Cibao (Dixon y Daily, 1981; de Zoeten y Mann, 1991; Edgar, 1991). Al oeste se halla separada de las rocas cretácicas que forman el Cinturón Intermedio por el cabalgamiento de Hatillo. 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 de esta cordillera se contempla en un contexto de subducción y colisión oblicua entre el borde norte de la placa del Caribe y la plataforma de las Bahamas (Burke *et al.*, 1978). Un corte geológico a través del límite de placas (Fig. 4.2.1) 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, 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 *et al.*, 1998).

A escala regional, la Cordillera Oriental es un gran antiforme ONO-ESE, que cierra hacia el este, definiendo una amplia zona de charnela (Figs. 2.1.1, 4.2.1 y 4.2.2). 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 del antiforme está cortado por la falla meridional de la bahía de Samaná. Esta estructura, relativamente sencilla, está complicada por pliegues y fallas de superficie axial casi vertical con cizallas de salto en dirección y componentes inversos y normales. Los pliegues dominan en las series estratificadas del Cretácico Superior y se acusan menos 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 en la cobertera de calizas plio-pleistocenas (calizas de los Haitises) que cubre a la Fm Los Ranchos, por ejemplo, en esta Hoja de Antón Sánchez (Fig. 4.2.2).

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, 1980; Bourdon, 1985). Esta falla produce una marcada señal en el mapa geomagnético (Fig. 4.2.3) y tiene asociadas protrusiones (intrusiones tectónicas) de rocas ultramáficas de origen mantélico emplazadas en el Cretácico Superior. Se trata por tanto de una falla de desgarre que ha evolucionado a partir de una falla cortical en la cuenca de ante-arco.

En contraste con lo que ocurre en las unidades más antiguas del Cinturón Intermedio, en la Cordillera Oriental no existe una severa deformación de la Fm Los Ranchos antes del depósito de 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 Fm 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, como ocurre, por norma general, al oeste de esta última localidad (Fig. 2.1.1). Otras fallas de una escala mayor cortan en rampa 1,2 km de la parte alta del Cretácico Superior al sureste de Hato Mayor (Fig. 4.2.2). 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. Las fallas extensivas de diferentes escalas son un elemento característico del área estudiada y análogos de pequeña escala se han observado en cortes de taludes en la Hoja de Antón Sánchez.

En la Fig. 4.2.4. se muestra un ejemplo de ellos. La Fm Las Guayabas aparece deformada en condiciones de semiconsolidación (*soft sediment deformation*) por el efecto de fallas normales con funcionamiento sinsedimentario. La alternancia de areniscas y lutitas con niveles de tobas y alguna intercalación calcárea aflora heterogéneamente transformada a una roca o harina de falla definida por cataclasitas foliadas en los niveles areniscosos más

competentes, y por fábricas esquistosas del tipo *scaly clay* en los niveles lutíticos y limosos menos competentes. Los niveles deformados se disponen en bandas generalmente limitadas por fallas normales de pequeño salto y alternan con niveles de roca intacta o los incluyen a modo de *boudins* de tamaño métrico a centimétrico. Las fallas son, en su mayoría, sintéticas al sentido de movimiento normal hacia el sur, el cual se deduce de la geometría interna de la fábrica, de la asimetría de los *boudins* y de los desplazamientos de las propias fallas. La deformación es de tipo frágil o dúctil-frágil, y se considera generada en presencia de agua, como consecuencia del cizallamiento asociado a las fallas normales durante o inmediatamente después del depósito de la formación.

Por lo que se refiere al plegamiento, a la escala de la cadena se identifican dos generaciones superpuestas de pliegues (Fig. 4.2.2). La primera, con un patrón concéntrico, es groseramente paralela al contacto cartográfico de las formaciones Los Ranchos y Las Guayabas. En sectores más orientales correspondientes a las Hojas 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 (1967). El ejemplo más espectacular es la estructura sinformal de doble inmersión situada al sureste de El Seibo. En el ámbito de la Hoja de Antón Sánchez no se han identificado pliegues de primera generación y la estructura producida durante esta fase de deformación corresponde, tanto en la Fm Los Ranchos como en Las Guayabas, a una serie monoclinal al sur (25-60°), de dirección general E-O a NO-SE subparalela al contacto entre ambas (Fig. 4.2.5).

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 y el basculamiento monoclinal hacia el sur y sureste de las series cretácicas (Fig. 4.2.1). La deformación ocurrió antes del Eoceno (Bourdon, 1985), edad del conglomerado de Don Juan, que erosiona terrenos más antiguos hacia el norte, llegando a yacer sobre la Fm Los Ranchos al oeste de Hato Mayor. Previamente al Eoceno ocurrió también la protrusión hasta la superficie de rocas ultramáficas serpentinizadas en el sector oriental de la cordillera.

Esta deformación finicretácica-paleógena en la Cordillera Oriental coincide con el cese de la principal actividad volcano-plutónica en La Española y es correlativa al episodio 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, 1985; Pindell y Barret, 1990; Mann *et al.*, 1991b; Draper and Lewis, 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 (Figs. 2.2.1, 4.2.2). A ellas corresponde la cuenca que ocupa un área muy restringida del sector meridional de la Hoja de Antón Sánchez y que discurre principalmente en la vecina Hoja de Bayaguana. El perfil transversal de estas cuencas es de tipo semigraben, con estratos rotados hacia las fallas (Fig. 4.2.5). Los primeros depósitos son conglomerados aluviales de la citada formación, provenientes de los relieves adyacentes a las fallas. Generalmente (no en el caso de esta Hoja) encima yacen 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. En la Hoja de Antón Sánchez las citadas fallas de dirección NO-SE, E-O y NO-SE asociadas a la génesis de estas cuencas penetran en el interior de la Fm Los Ranchos y forman los límites entre las diferentes unidades cartográficas, los cuales se configuran como bloques dentro de la formación. Destaca por su mayor continuidad el sistema de fallas de dirección NO-SE que limita por el norte (y por el sur, fuera de la Hoja) la unidad basáltica intermedia (¿Mb la Naviza?); en la Hoja de Bayaguana este sistema forma los límites principales de la mencionada cuenca de la formación Don Juan y de otra de tamaño similar contigua al este.

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, donde su mejor representante es la ya descrita Zona de Falla de La Española. En los sectores occidentales de la cordillera, a esta segunda generación corresponde el sinclinal que afecta en esta última Hoja a la Fm Don Juan (y, en general, el perfil sinclinal de las cuencas de Don Juan en este sector-Fig. 4.2.5), y es la responsable de los alabeos y cambios de dirección observados en la Fm Las Guayabas en los dominios de las Hojas de Monte Plata y Antón Sánchez (entre ellos el que se intuye en el sector SO de esta Hoja).

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 oriental. 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, medio anticlinales, y sinclinales, con un patrón similar al reproducido por Harding y Lowell (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 (Fig. 4.2.5). 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, 1988) no requiere la existencia de una superficie de despegue somera a techo de la Fm Los Ranchos como proponen Mann *et al.* (1991b).

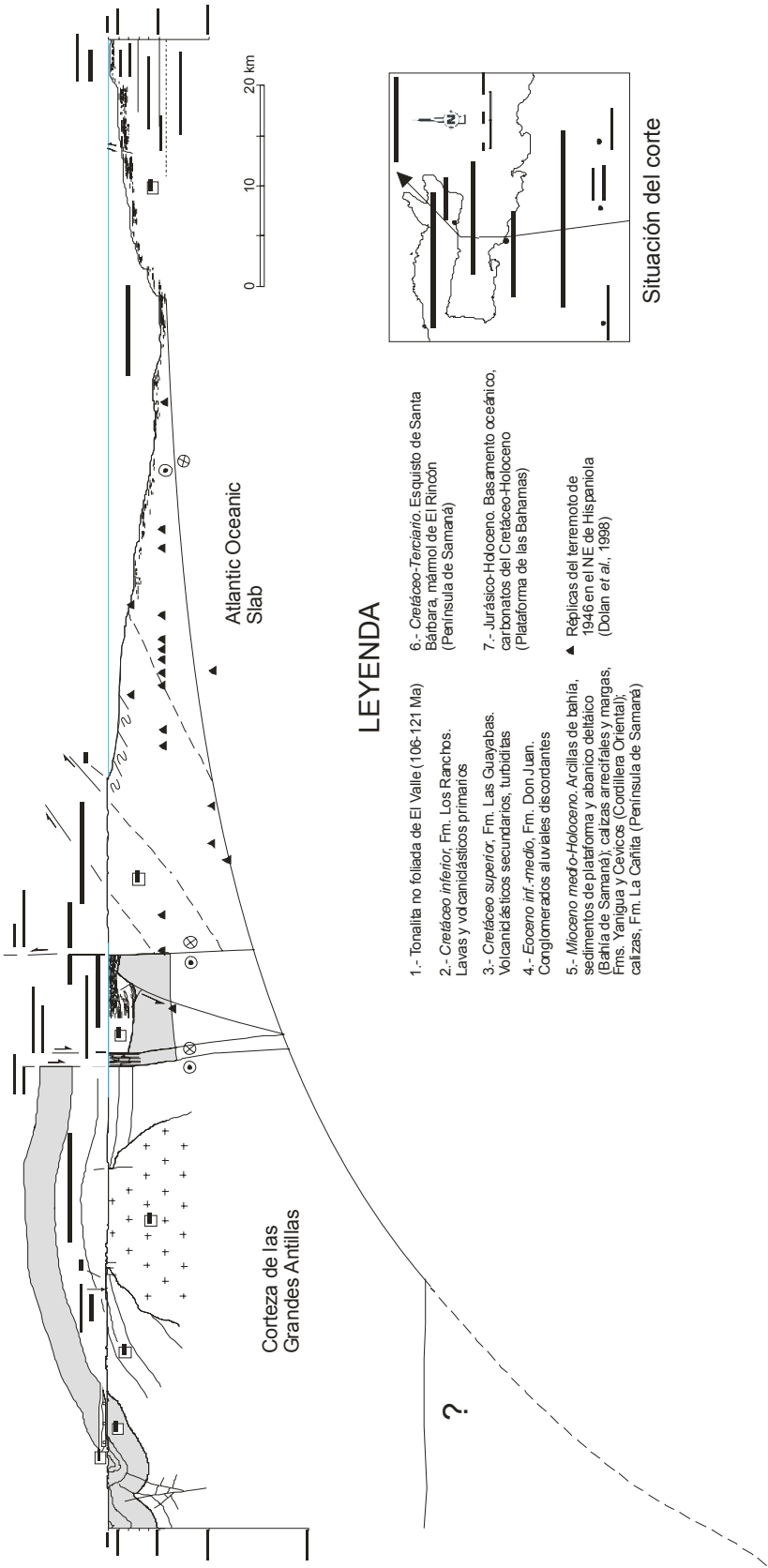
La región de máximo acortamiento con desarrollo de clivaje se sitúa próxima a la costa norte, entre las poblaciones de Miches y Las Lisas. El clivaje prácticamente desaparece siguiendo el eje de los pliegues hacia el sureste (Fig. 4.2.2). Existe por tanto una variación de acortamiento subperpendicular a las superficies axiales, que Bourdon (1985) interpretó erróneamente como la evidencia de dos unidades, El Seibo y El Oro con una historia tectónica y estratigráfica diferente y que Mann *et al.* (1991b) llevan a la categoría de “terrenos”. En el sinclinal que afecta a la Fm Don Juan en la Hoja de Monte Plata, relativamente apretado, también se reconoce un clivaje de plano axial que afecta parcialmente a las rocas de la Fm Don Juan en el flanco SO.

Para Burke *et al.* (1980), Mann *et al.*, (1984) Dolan *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 del acortamiento intraplaca.

En la actualidad, el borde norte de La Española es una zona de subducción oblicua, con deformación y sismicidad. Edgar (1991) reconoce deformación reciente en las líneas sísmicas superficiales bajo el agua de la Bahía de Samaná y Winslow *et al.* (1991) en la continuidad de estas estructuras hacia tierra por el bloque de San Francisco (Fig. 6.1.1). La actividad neotectónica en la Cordillera Oriental es evidente en la elevación de las calizas arrecifales de los Haitises respecto a las de la Llanura Costera del Caribe (ver cortes que acompañan al Mapa Geomorfológico de la Hoja a escala 1:100.000 de Monte Plata), que originalmente se extendían de costa a costa en el este de la isla y actualmente presenta un desfase en el relieve 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; como consecuencia, el arrecife acusa internamente una intensa fracturación de pautas similares a las descritas en párrafos anteriores. 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.

FIG. 4.2.1 CORTE GEOLÓGICO REGIONAL DE LA CORDILLERA ORIENTAL EN EL CONTEXTO DEL LÍMITE DE LAS PLACAS CARIBEÑA Y NORTEAMERICANA



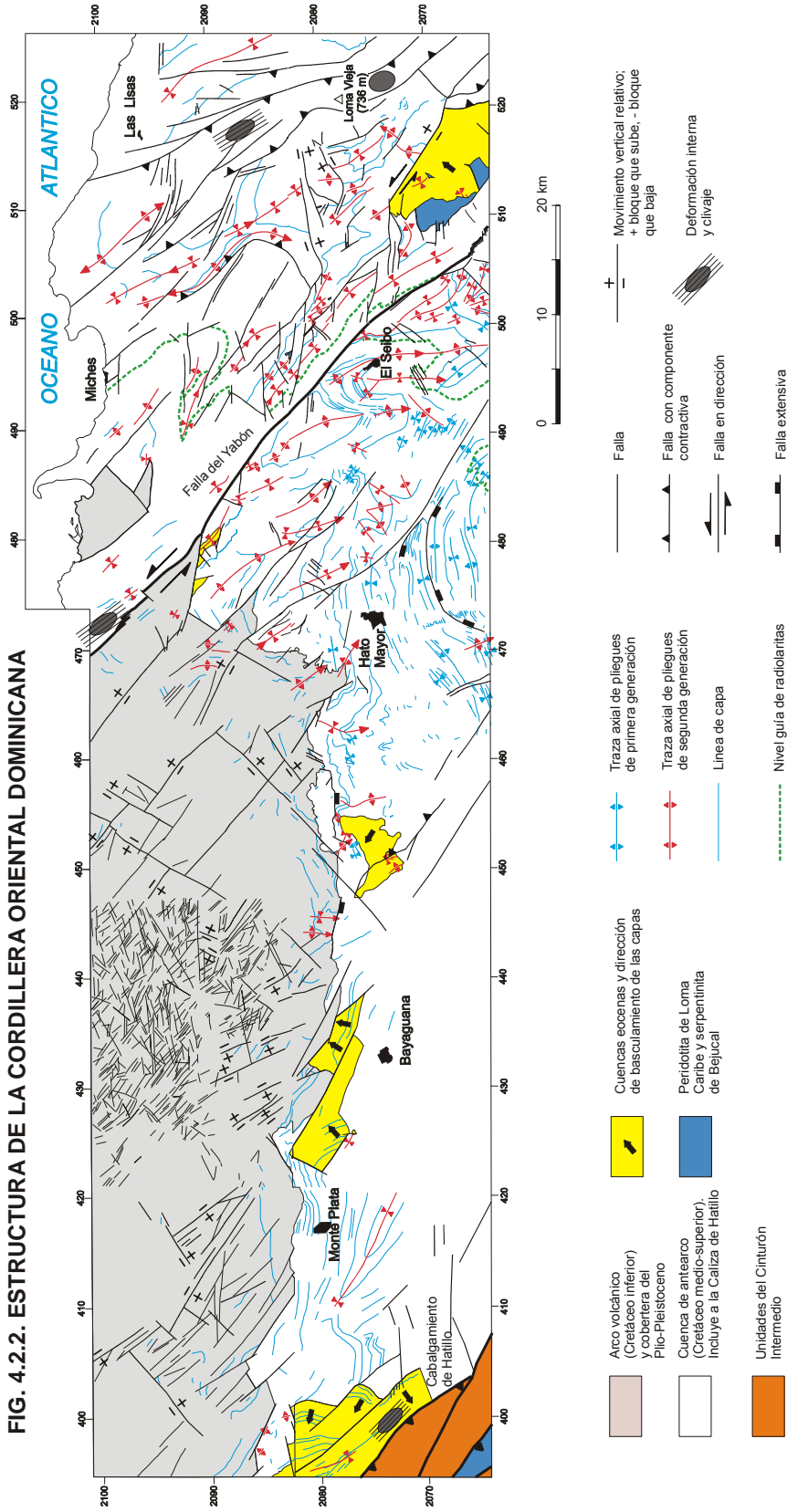
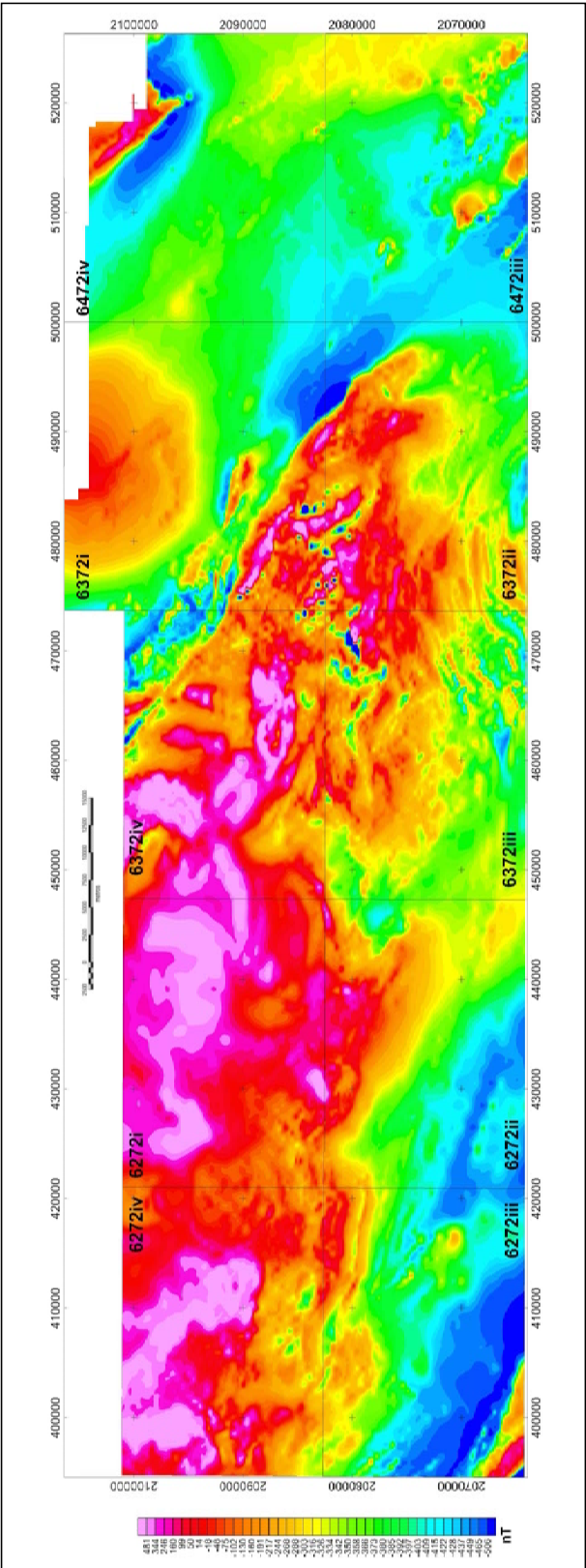


FIG. 4.2.3. CAMPO MAGNÉTICO TOTAL REDUCIDO AL POLO DEL PROYECTO L-ZONA ESTE



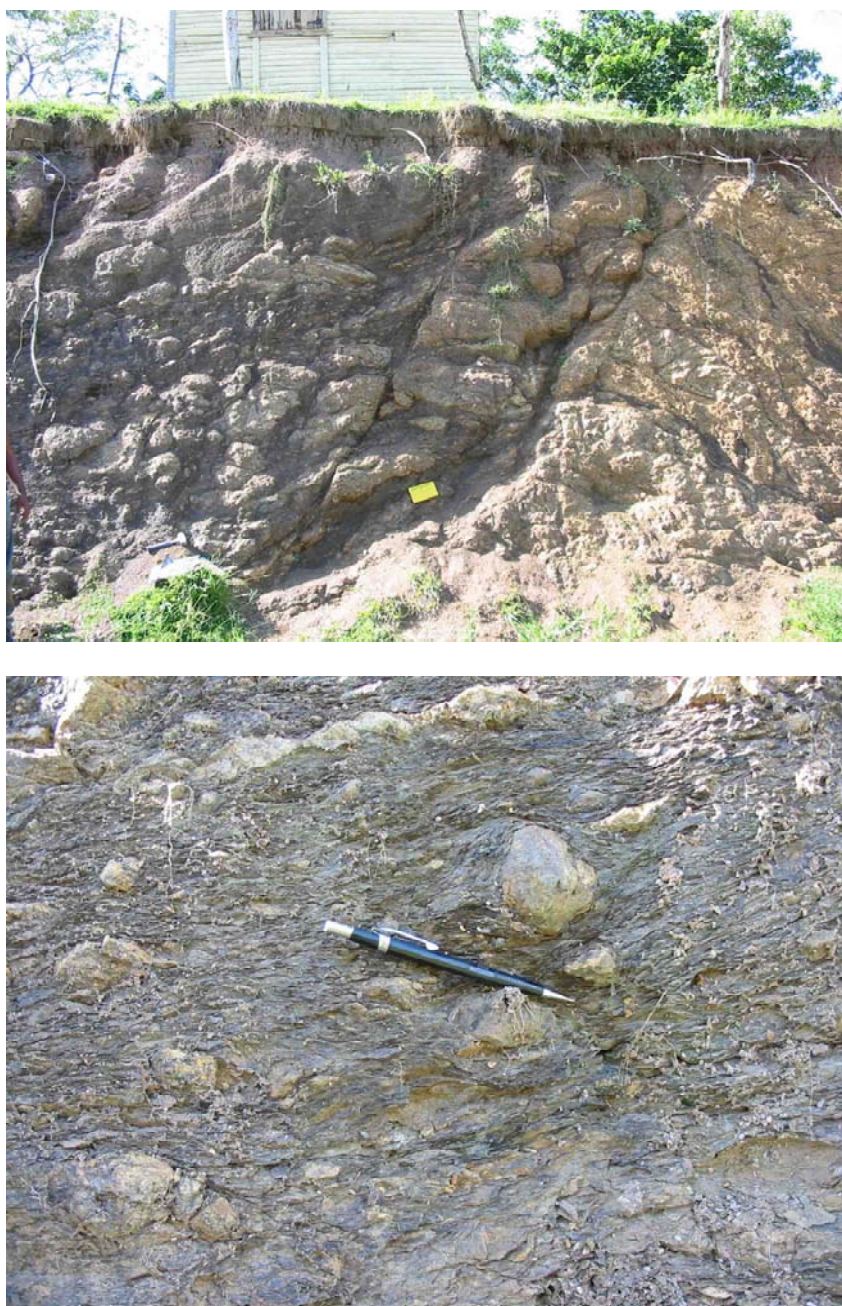
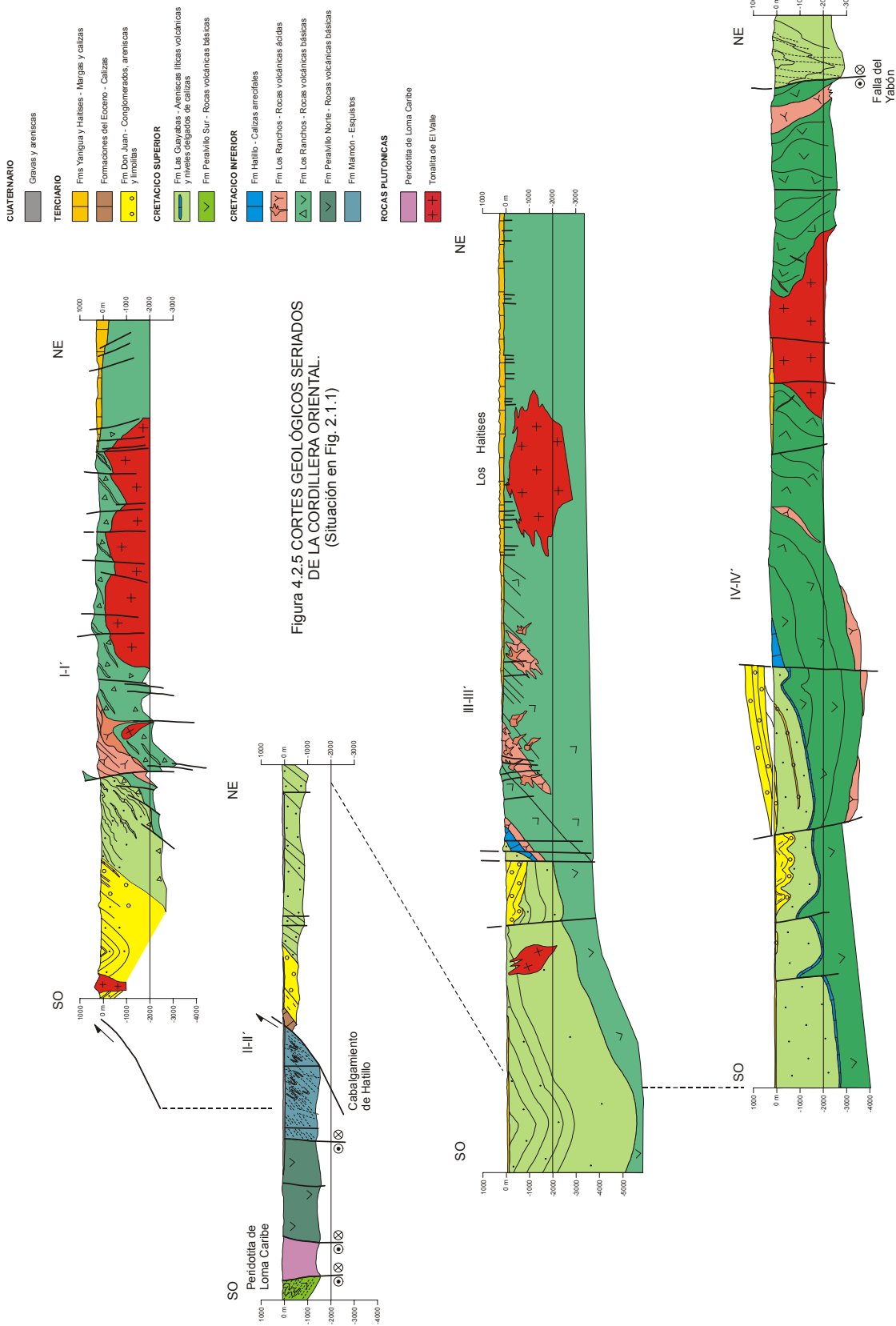
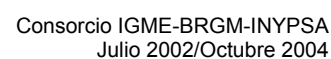


Fig. 4.2.4. Fallas normales sinsedimentarias y deformación asociada en la Fm. Las Guayabas (carretera de Monte Plata a Antón Sánchez). En la foto superior se observa el salto normal de las fallas hacia el sur (izquierda), la rotación de bloques, el *aboudinamiento* de los niveles areniscos competentes y la fábrica esquistosa desarrollada en los niveles lutíticos y limosos incompetentes. La foto inferior es un detalle de esta fábrica, que envuelve *boudins* o fragmentos centimétricos de areniscas. La deformación es de tipo frágil o dúctil-frágil y se produce por cizallamiento, en presencia de agua, en un estado de semiconsolidación de la roca, durante su depósito o inmediatamente después del mismo.





5. GEOMORFOLOGÍA

5.1. Análisis geomorfológico

En el presente apartado se trata el relieve desde un punto de vista puramente estático, entendiendo por tal la explicación de la disposición actual de las distintas formas, pero buscando al mismo tiempo el origen de las mismas (morfogénesis). Se procede a continuación a la descripción de las distintas formas diferenciadas en la Hoja, cuya representación aparece plasmada en el Mapa Geomorfológico a escala 1:100.000 de Monte Plata (6272), atendiendo a su geometría, tamaño y génesis; el depósito que acompaña a algunas de estas formas (formaciones superficiales) es tratado en el apartado correspondiente a la estratigrafía de los materiales cuaternarios.

El análisis morfológico puede abordarse desde dos puntos de vista: morfoestructural, en el que se analiza el relieve como consecuencia del sustrato geológico, en función de su litología y su disposición tectónica; y morfogenético, considerando las formas resultantes de la actuación de los procesos externos.

5.1.1. Estudio morfoestructural

El relieve de la zona está condicionado en gran medida por la naturaleza y la disposición de los materiales que la conforman. El sustrato ígneo-sedimentario cretácico de la sierra de Yamasá (cordillera Oriental) ha sufrido la creación y desnivelación de bloques, así como el encajamiento rectilíneo de algunos tramos de la red fluvial y el desarrollo de capturas, favorecidos por la red de fracturación. Por el contrario, los niveles calcáreos poco deformados de Los Haitises han dado lugar a extensas superficies estructurales, con desarrollo de una gran riqueza de formas kársticas.

5.1.1.1. Formas estructurales

Se encuentran diseminadas por todo el ámbito de la Hoja, constituyendo el condicionante fundamental de la morfoestructura general, tanto de la sierra como de Los Haitises, aunque se encuentra retocada por otros procesos morfogenéticos.

La densa red de fracturación tiene una clara expresión morfológica en la orientación de las formas de disolución kárstica, así como en la de diversos segmentos de la red fluvial y de algunas elevaciones menores de la sierra.

Las *fallas con expresión morfológica* se agrupan en torno a dos familias principales: NO-SE y E-O. Las primeras condicionan la estructura interna de la sierra de Yamasá, adquiriendo una densidad notable en Los Haitises, donde condicionan la orientación de su densa red de dolinas. Las segundas son mucho menos abundantes, pero no por ello carecen de importancia, delimitando algunos paleorrelieves tonalíticos del ámbito de Los Haitises.

Corresponden a fallas normales y de desgarre cuya longitud puede alcanzar 10 km. En ocasiones, se encuentran bajo depósitos cuaternarios sin afectarlos o bien algún rasgo morfológico parece estar condicionado por una falla sin que se tenga la total certeza de su existencia, habiéndose representado en ambos casos como *fallas supuestas*. A través de indicios menos evidentes, especialmente sucesiones de dolinas, se deducen *alineaciones morfológicas con control estructural*.

Localmente, también han adquirido cierta importancia las morfologías condicionadas con la distinta resistencia de los distintos los materiales aflorantes a la meteorización, entre ellas, debido a procesos de erosión selectivos, los *cerros cónicos*, que aparecen como formas puntuales agrupadas en el sector meridional en relación con cuerpos subvolcánicos de la Fm Los Ranchos.

Mayor extensión tienen las formas producidas a favor de capas horizontales, entre las que se encuentran *escarpes*, con frecuencia asociados a *superficies estructurales*, como la del sector de Salto Grande. Estas superficies aparecen más ampliamente *con retoques erosivos* asociadas a los resaltes carbonatados de la Fm Yanigua en el ámbito del batey de Sabana Larga o *degradadas*, siendo la más destacada la superficie superior de Los Haitises.

5.1.2. Estudio del modelado

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

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 del sector septentrional de la cordillera. Debido a la conjunción de varios factores, los procesos kársticos han actuado con especial eficacia, con un desarrollo muy inferior de los procesos fluviales, lacustres y endorreicos.

5.1.2.1. Formas gravitacionales

Pese a los desniveles existentes, tanto en el ámbito de la sierra como en el Los Haitises, 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.

Tan sólo se ha reconocido un pequeño número de *coluviones*, formados como respuesta al desequilibrio provocado en las laderas, principalmente por la erosión fluvial y la actividad neotectónica; se distribuyen irregularmente, aunque en su mayor parte se localizan en el ámbito de la sierra y en el de los afloramientos de la Fm Yanigua.

5.1.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial

Están representadas exclusivamente en los sectores meridional y occidental, con una ausencia total en el interior de Los Haitises. Entre ellos destaca la orla de abanicos y conos de deyección que se disponen al pie de algunos relieves y los fondos de valle.

Los *fondos de valle* son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual. En general se trata de formas muy estrechas, coincidentes con el canal de estiaje. Los más destacados son los asociados a los ríos Comate, Comatillo, Sabana y Socoa.

Son muy escasas las *terrazas*, restringidas a los valles del río Socoa y del arroyo Santos; aparecen como pequeñas plataformas, más o menos elevadas y paralelas al curso actual. Un buen punto de observación es el constituido por los cortes de la carretera Monte Plata-Antón Sánchez, a 1 km de esta localidad. En ningún caso se ha reconocido más de un sistema, siempre con cotas inferiores a 20 m sobre el cauce actual, por lo que de modo informal se consideran terrazas bajas. Probablemente, la ausencia de niveles superiores sea la consecuencia de su total desmantelamiento por la acción conjunta de los procesos fluviales y gravitacionales.

Mayor representación tienen los *conos de deyección* y los *abanicos aluviales*, entre los que se han reconocido dos sistemas. Se forman en la confluencia entre pequeños ríos y arroyos con valles de mayor entidad, en los cuales la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose; cuando los ápices se encuentran próximos entre sí, se producen formas coalescentes. Alcanzan longitudes de hasta 3 km con respecto al ápice, sensiblemente inferiores a las de otros dispositivos de la región.

El sistema más antiguo engloba probablemente diversas generaciones imposibles de correlacionar debido a la desconexión de la mayoría de los aparatos, caracterizándose por mostrar un retoque erosivo que, aunque variable de unos cuerpos a otros, indica que ya no son funcionales. Por su parte, el sistema más moderno agrupa los dispositivos potencialmente funcionales como se deduce de su mínimo retoque erosivo.

Entre las formas erosivas se han reconocido: formas de *incisión lineal*, asociadas principalmente a los cursos secundarios de la red fluvial: *gargantas* y *cañones*, delimitados por los niveles estructurales de la Fm Yanigua; *rápidos* y *cascadas*, como los conocidos saltos del río Comatillo; *pérdidas de drenaje*, debidas a procesos de infiltración y a la existencia de sumideros, muy frecuentes en el dominio kárstico; *aristas*, distribuidas por la sierra; *divisoriais montañosas redondeadas*, representadas en el macizo tonalítico de la loma de Plácido, si bien en su génesis han participado en distinta medida otros agentes morfogenéticos; y *cárcavas*, poco frecuentes debido a la elevada proporción de materiales competentes, habiéndose conservado en algunas ocasiones su *cabecera*.

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

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

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 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

Se trata de lagunas y áreas endorreicas con una reducida representación, concentrándose en el borde meridional de Los Haitises. En cualquier caso, su génesis está relacionada con la creación de depresiones por procesos de disolución del sustrato calcáreo y el desarrollo sobre él de depósitos arcillosos que impiden la infiltración.

Las dimensiones de las *lagunas* son muy reducidas, con diámetros de orden deca a hectométrico, no superando en ningún caso 400 m. Las *áreas endorreicas* aparecen también en pequeño número pero con un tamaño algo mayor, pudiendo sobrepasar 1 km de diámetro, como en las inmediaciones de Pílancones. Se encuentran espacialmente ligadas con los depósitos de descalcificación, creándose posiblemente por hundimientos del sustrato calcáreo, si bien en algunos casos podrían corresponder a lagunas colmatadas o desecadas.

5.1.2.4. Formas por meteorización química

Son las más extendidas debido al desarrollo de los procesos kársticos de Los Haitises y, en menor medida, de los mantos de alteración que afectan al resto de la zona.

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

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

La karstificación no se ha desarrollado únicamente en el ámbito de Los Haitises, sino que ha afectado a otros conjuntos carbonatados, como muestran los *campos de lapiares* desarrollados sobre las calizas de la Fm Hatillo y sobre los conglomerados de cantos calcáreos de la Fm Don Juan.

En cuanto a las formas debidas a procesos de meteorización química en rocas no carbonatadas, las más extendidas son las *argilizaciones*, típico resultado de los procesos de meteorización en ambientes tropicales; afecta a un amplio espectro de sustratos, desde los materiales volcánicos-sedimentarios cretácicos hasta las terrazas y abanicos aluviales cuaternarios.

La forma más extendida como resultado de la alteración de los cuerpos intrusivos es la *arenización*, que afecta a los macizos tonalíticos emergentes en la plataforma carbonatada de Los Haitises.

5.1.2.5. 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 exclusivamente *superficies de erosión degradadas*, concentrándose en el ámbito de la sierra, por lo que no son muy abundantes, ya que allí la velocidad de los procesos erosivos da lugar a una conservación efímera de las formas.

Aparecen en pequeños retazos a cotas cercanas a los 200 m; su génesis probablemente esté relacionada con el relieve previo al depósito marino de la Fm Yanigua.

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 aquella, más difícil de identificar por la evolución seguida posteriormente.

El complejo arrecifal septentrional, muy estrecho, migraría paulatinamente hacia el Norte a medida que se producía el progresivo ascenso de la sierra. En el caso del meridional, desarrollado en una plataforma de pendiente inferior, la evolución sería diferente, dando la impresión de que el ascenso se produjo más recientemente y de forma más brusca, articulándose mediante sistemas de fallas más evidentes. En el ámbito de la sierra, la red de drenaje ya habría esbozado su geometría general, basada en cursos de pequeña longitud y carácter consecuente que incrementarían su poder incisivo al ascender con respecto al nivel de base; 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 provocada por la actividad tectónica desencadenaría el desarrollo de extensos sistemas aluviales de baja pendiente que tapizarían la Llanura Costera del Caribe y que configurarían la superficie de la que arrancaría la incisión actual en ella.

A partir de este momento, sin olvidar que la región ha permanecido tectónicamente activa, la evolución del relieve ha estado presidida por el comportamiento de la red de drenaje, con fuertes encajamientos en la zona montañosa, pero muy moderados en la llanura por su pequeño desnivel con respecto al mar. En aquella, el encajamiento ha sido simultáneo con la argilización de los materiales volcánicos y sedimentarios, la arenización de los cuerpos intrusivos, el retroceso de las vertientes con desarrollo de coluvionamientos y de movimientos en masa, así como con cambios de orientación de la red por adaptación a fracturas y contrastes litológicos.

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

6. HISTORIA GEOLÓGICA

Las rocas de la Cordillera Oriental registran 130 Ma de evolución de las Grandes Antillas, desde su inicio como un arco de islas intraoceánico hasta su colisión oblicua con la placa de Norteamérica y su traslación a lo largo de fallas transformantes paralelas al límite de placas (Fig. 6.1.1).

Sobre la corteza de la placa del Caribe, se desarrolló en el Cretácico Inferior un arco de islas volcánico con un contenido bimodal de sílice. En el estadio inicial se acumularon lavas en aguas profundas, y posteriormente lavas y materiales volcanoclásticos en aguas someras afectadas por un metamorfismo de bajo grado debido a la convección hidrotermal del agua marina (Kesler *et al.*, 1991a). En el Neocomiano, el edificio volcánico había alcanzado el nivel del mar y su destrucción en los taludes costeros aportó una alta proporción de sedimentos no eruptivos con restos de plantas, impregnados de depósitos epitermales de oro y plata, en el área de Pueblo Viejo. La vegetación transportada sugiere un clima cálido, estacionalmente seco (Smiley, 1982). Asociado a este volcanismo y, sobre todo en sus estadios finales, intruyen numerosos *stocks* de tonalitas de igual afinidad toleítica. Con el cese progresivo del vulcanismo, 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, 1985).

Hacia el final del Albiano, la plataforma de carbonatos de Hatillo, que se había mantenido con una subsidencia estable, quedó enterrada bajo las rocas volcanoclásticas de la Fm Las Guayabas. Este evento se relaciona con el desarrollo de un segundo arco volcánico en una posición retrogradada hacia el sur, que aporta detritos a una cuenca de antearco superpuesta al arco inicial. Esta formación se depositó por corrientes de turbidez en un mar profundo. Una gruesa intercalación de rocas volcánicas básicas a intermedias en su tramo inferior indica la proximidad del magmatismo del arco, que con el tiempo se iría desplazando hacia el Sur.

El aporte de detríticos quedó interrumpido en algún momento del Coniaciano, 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 serían dominantes en el Campaniano-Maastrichtiano.

La tasa de subsidencia que mantenía en aguas profundas la cuenca de antearco 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.

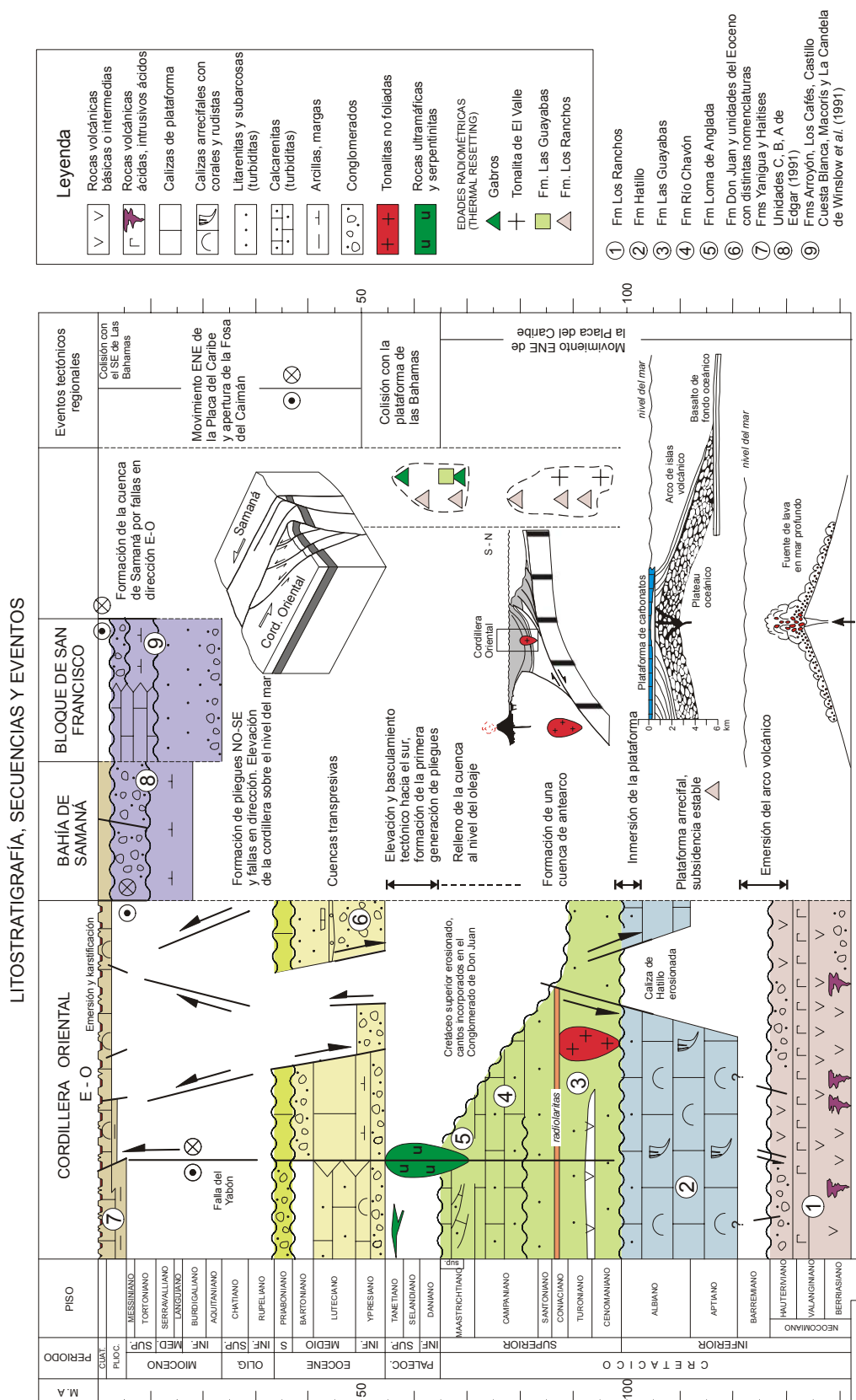
El segmento de cuenca de ante-arco contenido en la Cordillera Oriental fue elevado, plegado y basculado hacia el sur en el Paleoceno, como parte del proceso diacrónico de colisión de las Antillas Mayores con el margen sur de la placa Norteamericana en el Paleoceno-Eoceno (Pindell y Barret, 1990; Dolan *et al.*, 1991). Paralelamente al bloqueo progresivo de la subducción cesó también la actividad ígnea. Las última 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 fallas transformantes, además de a través de la zona de subducción, 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 *et al.*, 1988), transpresión en el sur de Cuba y en Hispaniola (referida ésta última como “colisión oblicua”), y subducción oceánica en las Pequeñas Antillas (Mann *et al.*, 1991b). 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, a inicios del Plioceno, ocurrió la transgresión de la plataformas arrecifales de Los Haitises y de la Llanura Costera del Caribe, 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.

Fig. 6.1.1. CUADRO RESUMEN DE LA HISTORIA GEOLÓGICA DE LA CORDILLERA ORIENTAL DOMINICANA



7.GEOLOGÍA ECONÓMICA

7.1. Hidrogeología

7.1.1. Hidrología y climatología

En el conjunto de la zona de proyecto el clima varía desde las zonas más meridionales situadas sobre la Llanura Costera del Caribe, que se caracterizan por una evapotranspiración potencial de referencia ETPo (de Hergreaves-Samani) mayor que la precipitación en buena parte del año, y las zonas húmedas del interior de la Cordillera Oriental en las que los periodos húmedos superan los 5-7 meses.

El promedio de lluvia anual es de 1370.9 mm; los valores anuales medios tomados en estaciones oscilan entre 873 mm y 2688 m. La variación mensual de la precipitación presenta un régimen de tipo bimodal con época lluviosa en la primavera (en términos generales en el mes de mayo) y en verano-otoño (desde agosto hasta noviembre) y con sequía en el invierno y en junio-julio; pero si esta variación intranual es bastante homogénea, los meses máximos y mínimos relativos tienen una elevada variabilidad de un lugar al otro, y también entre estaciones bastante cercanas.

La temperatura media del aire presenta valores anuales que fluctúan entre 25 y 26 °C; la variación interanual de la temperatura media oscila entre 3 y 4 °C, y, en general, el período de mayores temperaturas corresponde a los meses de julio a agosto y los de mínima a los meses de enero y febrero. El promedio anual de la ETPo es de 1669.4 mm, con valores anuales medios obtenidos en estaciones que oscilan entre 1560 mm y 1970 mm.

El entramado cárstico de los Haities, anula el carácter de divisoria de la sierra e impide el funcionamiento normal de la escorrentía superficial, de tal forma que la red de drenaje se limita a un reducido número de ríos y arroyos, de carácter permanente debido a la elevada pluviometría, que se concentran en los sectores meridional y oriental de la Hoja. Los cursos tienen su origen en el ámbito meridional de Los Haitises y tienen afinidad caribeña al verter

sus aguas hacia el sur; destacan el río Comate y su afluente Comatillo, éste último con un espectacular salto de agua.

Debido al sobresaliente desarrollo kárstico de Los Haitises, existe una notable incertidumbre en cuanto al funcionamiento de detalle de sus procesos hidrológicos. En su borde meridional se produce el nacimiento de un gran número de elementos de la red hidrológica, observándose también frecuentes pérdidas de drenaje a través de sumideros e infiltraciones cuyo destino resulta incierto; otro tanto puede decirse de las infiltraciones del sector septentrional, siendo probable que la mayor parte de su descarga se produzca directamente a la bahía de Samaná.

7.1.2. Hidrogeología

En el cuadro adjunto (Fig 7.1.1) se resumen las unidades o agrupaciones hidrogeológicas consideradas en la Hoja de Antón Sánchez, según se han definido en el esquema hidrogeológico a escala 1:200.000 que acompaña al Mapa Geológico.

En el cuadro citado, se describe, para cada unidad o agrupación hidrogeológica, su litología predominante, el grado y tipo de permeabilidad y, en su caso, las características de los acuíferos que albergan, además de algunas observaciones puntuales.

Las unidades y agrupaciones consideradas se ajustan a las siguientes tipologías:

- *Formaciones calcáreas arrecifales, sede de extensos acuíferos por circulación carstíca:* Fm Los Haitises
- *Formaciones porosas, pero de productividad limitada por su reducida extensión:* terrazas y fondos de valle
- *Formaciones fracturadas, fisuradas y porosas, de permeabilidad media-alta, pero de escasa productividad por su escasa extensión:* conglomerados de Don Juan
- *Formaciones carstificadas, de permeabilidad alta, pero de escasa productividad por su escasa extensión:* calizas masivas de la Fm Hatillo
- *Formaciones limo-arcillosas muy alteradas, de permeabilidad moderada o baja, con eventuales intercalaciones de tramos porosos, sin acuíferos significativos sede (o locales y discontinuos, poco productivos):* abanicos aluviales, conos de deyección y coluviones

HOJA DE ANTÓN SÁNCHEZ
CUADRO 7.1.1. RESUMEN DE LAS UNIDADES O AGRUPACIONES HIDROGEOLÓGICAS

EDAD	UNIDAD O AGRUPACIÓN HIDROGEOLÓGICA	UNIDADES CARTOGRAFÍ- CAS AGRUPADAS	LITOLOGÍAS	GRADO/TIPO DE PERMEABILIDAD	TIPOS DE ACUÍFEROS Y OBSERVACIONES
CUATERNARIO	Terrazas y fondos de valle	16 y 20	Cantos, arenas y gravas	Alta por porosidad intergranular	Acuíferos libres de productividad limitada por su escasa extensión
	Abanicos aluviales, conos de deyección y coluviones	15, 17 y 19	Limos y arcillas con frecuentes niveles de arenas, cantos y gravas	Baja-media porosidad intergranular	Sin acuíferos significativos, salvo, localmente, en tramos de arenas y gravas de cierto espesor, de carácter libre o confinado
	Arcillas de descalcificación y fondos endorreicos	14 y 18	Lutitas y limos	Baja	Sin acuíferos significativos, salvo, localmente, en tramos de arenas y gravas de cierto espesor, de carácter libre o confinado
	Fm Los Haitises	13	Calizas arrecifales	Muy alta por carstificación y fisuración	Grandes acuíferos con circulación cársica
CRETÁCICO-PALEÓGENO	Fm Yanigua y base de Los Haitises	11 y 12	Marcas con intercalaciones calcareníticas	Baja (localmente alta por carstificación y fracturación)	Sin acuíferos significativos
	Fm Don Juan	10	Conglomerados de rocas volcánicas y de calizas	Media por fracturación y porosidad intergranular	Acuíferos libres o confinados de productividad media o baja
	Fm Hatillo	8	Calizas masivas	Alta por carstificación y fisuración	Acuíferos libres de productividad media por sus reducidas dimensiones
	Fm Los Ranchos e intrusiones asociadas y Fm. Las Guayabas	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, y 9	Rocas volcánicas, volcanosedimentarias y tonalitas	Baja	Sin acuíferos significativos

- *Formaciones de baja permeabilidad y sin acuíferos significativos salvo, localmente, por carstificación en niveles calcareníticos aislados aflorantes:* margas con intercalaciones calcareníticas de la Fm Yanigua y base de Los Haitises
- *Formaciones de baja permeabilidad y sin acuíferos significativos.* rocas volcánicas, volcanosedimentarias y cuerpos intrusivos asociados; arcillas de descalcificación y fondos endorreicos

De acuerdo con estas agrupaciones, la Hoja se divide desde el punto de vista hidrogeológico en dos zonas de comportamiento completamente opuesto: el tercio S-SO, ocupado principalmente por rocas volcánicas y volcanosedimentarias, es esencialmente impermeable y en él, la mayor parte de las abundantes precipitaciones se traducen en escorrentía superficial, que sirven para cubrir las demandas hídricas; por el contrario, el resto de la Hoja está cubierto por el conjunto arrecifal de Los Haitises, que junto con Llanura Costera meridional, constituye unos de los acuíferos más importantes del país.

Los acuíferos desarrollados en las calizas arrecifales se caracterizan por una elevada permeabilidad primaria en forma de cavidades y microcavidades sindeposicionales a las que se asocia una permeabilidad subordinada por fracturación. La potencialidad acuífera aumenta sensiblemente por efecto de la carstificación, como es el caso de Los Haitises. En sistemas cársticos de este tipo, la elevada transmisividad, asociada a la escasa capacidad de autopurificación, hace que los acuíferos sean particularmente vulnerables a las contaminaciones procedentes de la superficie.

7.2. Recursos minerales

Pese a la diversidad de las litologías y formaciones geológicas aflorantes en la Hoja de Antón Sánchez, los recursos minerales puestos de manifiesto en su superficie, se limitan al campo de las rocas industriales y al de la minería artesanal del ámbar.

La formación Los Ranchos, el más importante metalotecto regional, aflora en la zona sur de la Hoja, pero no hay ningún indicio metálico asociado a sus rocas.

La mayoría de los indicios (canteras) se localizan sobre el conjunto formado por las Fms. Yanigua y Los Haitises con el objetivo de explotar las calizas y margocalizas, para la

pavimentación de los caminos locales. Cuatro canteras explotan rocas piroclásticas y lavas, correspondientes a las Fms. Los Ranchos y las Guayabas y el resto de labores visitadas corresponden a extracción de ámbar.

CUADRO 7.2.1. INDICIOS DE ROCAS INDUSTRIALES Y ÁMBAR DE LA HOJA DE ANTÓN SÁNCHEZ

NÚMERO	COORDENADAS		FORMACIÓN	SUSTANCIA	ACTIVIDAD	TAMAÑO	UTILIZACIÓN
	X	Y					
1	423700	2094850	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Abandonada	Pequeño	Arm
2	422750	3093500	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Abandonada	Pequeño	Arm
3	423100	2093500	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Abandonada	Pequeño	Arm
4	424100	2093850	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Abandonada	Pequeño	Arm
5	426150	2089450	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Abandonada	Pequeño	Arm
6	426941	2089180	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Abandonada	Pequeño	Arm
7	431800	2088700	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Abandonada	Pequeño	Arm
8	434177	2089180	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Abandonada	Pequeño	Arm
9	421173	2084810	Los Ranchos	Tufitas y Volcánicas	Abandonada	Pequeño	Arm
10	423400	2082550	Los Ranchos	Tufitas y Volcánicas	Abandonada	Pequeño	Arm
11	426750	2082800	Los Ranchos	Tufitas y Volcánicas	Abandonada	Pequeño	Arm
12	427500	2085250	Las Guayabas	Tufitas y Volcánicas	Abandonada	Pequeño	Arm
13	430650	2083650	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Abandonada	Pequeño	Arm
14	432350	2085100	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Intermitente	Medio	Arm
15	435950	2084000	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Abandonada	Pequeño	Arm
16	438150	2085100	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Intermitente	Pequeño	Arm
17	440950	2084650	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Intermitente	Pequeño	Arm
18	441780	2083783	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Intermitente	Pequeño	Arm
19	446463	2082250	Haitises (s.l.)	Margocalizas	Intermitente	Pequeño	Arm
20	431050	2085500	Yanigua	Ambar	Intermitente	Pequeño	Joyería
21	431200	2085100	Yanigua	Ambar	Intermitente	Pequeño	Joyería
22	431100	2085650	Yanigua	Ambar	Intermitente	Pequeño	Joyería
23	431050	2084950	Yanigua	Ambar	Intermitente	Pequeño	Joyería
24	431200	2085250	Yanigua	Ambar	Intermitente	Pequeño	Joyería
25	431500	2085200	Yanigua	Ambar	Intermitente	Pequeño	Joyería
26	437500	2083400	Yanigua	Ambar	Intermitente	Pequeño	Joyería
27	431000	2085950	Yanigua	Ambar	Intermitente	Pequeño	Joyería
28	430700	2084800	Yanigua	Ambar	Intermitente	Pequeño	Joyería

7.2.1. Rocas Industriales

En el cuadro adjunto se registran los puntos que tienen o han tenido actividad en el aprovechamiento de las diversas sustancias. Su denominador común es el pequeño tamaño, la falta de mecanización y la utilización del material en la proximidad del punto de arranque.

Descripción de las sustancias

- Canteras de calizas y margocalizas: Se localizan todas ellas en la llamada en el conjunto formado por las Fms. Yanigua y los Haitises de edad Neógena. Son todas ellas de pequeña dimensión, y se utilizan para la construcción y mantenimiento de la red viaria local.
- Canteras de tufitas y rocas volcánicas: hay cuatro canteras en las que se han explotado, intermitentemente, rocas volcanoderivadas y lavas y brechas volcánicas. Tres de ellas se sitúan sobre la Fm. Los Ranchos y una sobre productos volcánicos de la Fm. Las Guayabas.

7.2.2. Extracción de ámbar

La Hoja de Antón Sánchez, junto con las aledañas de Bayaguana y El Valle, se caracteriza por ser una de las áreas tradicionales de producción de ámbar en la R. Dominicana.

La presencia de esta piedra semipreciosa ha sido objeto de varios estudios particulares, entre los que cabe citar a Brower y Brower (1982), Espí (2000) e Iturralde (2001). En ellos se destacan factores diversos sobre su edad, formación y explotación. De forma general, cabe decir que las labores se localizan en la Fm. Yanigua, que la minería es puramente artesanal, intermitente y que continúa siendo, pese a los esfuerzos realizados, un sector totalmente desestructurado, con un alto grado de siniestrabilidad laboral. En Antón Sánchez, las labores se concentran en los alrededores del arroyo Camarón y en el paraje de Sabana del Rodeo.

7.2.3. Potencial Minero

Pese a las reservas ilimitadas de las rocas que son o han sido explotadas en la Hoja, su potencial está relacionado únicamente a la eventual realización de obras de acondicionamiento de caminos, de carácter local. Por tanto no se pueden considerar de interés económico.

En cuanto al ámbar, al ser una piedra semipreciosa de buena acogida en el sector joyería, y potenciado su comercio por el creciente turismo a R. Dominicana, su futuro parece más halagüeño. Para ello, deberían de resolverse varios de los factores negativos que inciden en el sector, entre los que cabe citar la falta de control de las explotaciones, la atomización de estas y la falta de profesionalización de los mineros.

En su día, el Informe sobre la Minería Artesanal en la R. Dominicana realizado por Espí (2000) en el marco del Proyecto C de Cartografía Geotemática de la república Dominicana, marcaba las pautas a seguir para armonizar el sector, sin que hasta la fecha dichas pautas se hayan materializado.

8. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO

La protección de diversas zonas del territorio tiene como finalidad asegurar la continuidad natural de los ecosistemas, preservándolos de actividades antrópicas destructivas, así como evitar el uso abusivo de sus recursos. Dentro de los recursos no renovables de un país, el patrimonio ocupa un lugar relevante, pues proporciona una información fundamental para conocer la historia de la Tierra y la vida que en ella se desarrolla. Al mismo tiempo, su estudio e interpretación ponen de manifiesto otros recursos potencialmente utilizables que, empleados de forma racional y ordenada, pueden resultar beneficiosos para la humanidad. Es por ello necesario, no sólo preservar el medio natural y, en este caso, el patrimonio geológico, sino también estudiarlo en detalle, para así difundir el conocimiento que encierra y crear conciencia de su conservación.

Atendiendo a estas consideraciones, se puede definir un Lugar de Interés Geológico (L.I.G.), como un recurso natural no renovable, donde se reconocen características de especial importancia para interpretar y evaluar los procesos geológicos que han actuado en un área.

En este sentido, es conveniente la realización de un inventario de lugares de interés geológico dignos de medidas de protección y aprovechamiento con fines divulgativos, educativos o turísticos. Por tanto, contenido, posible utilización y nivel de significado definen un L.I.G., que puede corresponder a un punto, un itinerario o un área.

8.1. Relación de los L.I.G.

La Hoja de Antón Sánchez no es especialmente agraciada en cuanto a afloramientos de calidad se refiere, los cuales, en general, son escasos y ninguno de ellos destaca como para ser considerado como LIG. Una excepción a esta regla es la región de Los Haitises, que por sí sola es una zona de enorme interés para la observación de la morfología cárstica y fenómenos asociados.

8.2. Descripción de los Lugares

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

- Región Cárstica de Los Haitises

Se trata de una extensa región que desborda los límites de la Hoja. Su acceso dentro de ésta es factible únicamente por el sector meridional, proponiéndose un itinerario a través del que se pueden observar las peculiaridades de esta singular región, donde el modelado cárstico ha adquirido un notable y peculiar desarrollo. Su interés principal es de tipo geomorfológico, con un interés de tipo estratigráfico subordinado; por su utilización se puede considerar como científico, didáctico y turístico, y por su influencia, internacional.

El itinerario puede comenzarse en la localidad de Bayaguana y desde esta localidad tomar el camino que parte hacia la sierra del Agua. Allí, se recomienda la observación del salto de agua del río Comatillo, paraje turístico que muestra uno de los diversos escalonamientos que producen en el relieve los niveles calcáreos intercalados en la Fm Yanigua. Además el escarpe existente junto al salto permite constatar las características de esta formación margosa, en la que existen intercalaciones de lignito.

Tomando la pista en dirección a la Sabana de los Javieles, se aprecian las típicas morfologías en torres (*hums* o *haitises*), consistentes en relictos del macizo calcáreo allí donde los procesos de disolución kárstica han actuado con mayor intensidad. Aparecen rodeados por terrenos deprimidos rojizos, constituidos por arcillas de descalcificación. A lo largo del itinerario son numerosas las perspectivas que muestran la superficie estructural configurada por los niveles de calizas arrecifales de la Fm Los Haitises y desde algunas de ellas es posible contemplar hacia el Noreste la “emersión” del macizo tonalítico de la loma de La Deseada en el seno de la superficie, indicando la existencia de un irregular paleorrelieve durante el depósito de la formación.

A medida que la pista se interna en el corazón de la región, se aprecia que el macizo conserva algo más su integridad, predominando las dolinas en embudo aisladas, aunque se siguen observando uvalas y poljés generados por unión de varias dolinas; un ejemplo de

poljé es visible entre Sabana de los Javieles y Sabana del Medio, en el cual se han generado diversas lagunillas, inundadas estacionalmente.

Siguiendo el itinerario hacia Sabana del Estado, la carretera atraviesa el arroyo Marías, uno de los escasos cursos fluviales de la región, ya que son frecuentes las pérdidas de drenaje por infiltraciones o por presencia de sumideros. A lo largo de la pista existen diversas canteras que permiten la observación de las calizas de la Fm Los Haitises.

En Sabana del Estado puede darse por concluido este itinerario básico, al cual se pueden añadir diversos tramos alternativos en los que observar nuevas formas relacionadas con la dinámica kárstica, como cañones, cuevas, surgencias, sumideros o valles ciegos. Para ello se sugiere la posibilidad de recorrer parcial o totalmente las pistas que partiendo de la ruta principal se dirigen a: Rincón Naranjo y Valle Grande, Pílancones y al batey de Sabana Larga.

9. BIBLIOGRAFÍA

- BARRETT, T.J. y McLEAN, W.H. (1999):** Volcanic sequences, lithogrochemistry, and hydrothermal alteration in some bimodal volcanic-associated massive silfide 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: 101-131.
- BELLON, H., VILLA, J.M., MERCIER DE LEPINAY, B., (1985):** Chronologie K- Ar et affinities geoquimiques des manifestations magnatiques au cretace et au paleogene dans L'isle D'Hispaniola. En, Geodynamique des Caribes, Editions Technip
- 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 Cordillere Centrale Dominicaine (Española, Grandes Antilles); Thesis Doctoral. Université Pierre et Curie, Paris, 215 pp
- BOURDON, L. (1985):** La Cordillère Orientale Dominicaine (Hispaniola,Grandes Antilles); Un arc insulaire Cretacé polystructure.Teasis Doctoral, Universidad Marie y Pierre Curie, París, 203 pp.
- BOWIN, C. (1960):** Geology of central Dominican Republic. Ph. D. Thesis, Princeton University. Princeton, New Jersey, 211 pp.
- BOWIN, C. (1966):** Geology of the Central Dominican Republic. A case history of part of an island arc. En H. Hess (ed.). Caribbean geological investigations, Geological Society of America, 98, 11-84.
- BRIQUEAU, L., BOUGAULT, H., AND 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: 297-308.
- BROUWER, S.B. y BROUWER, P.A. (1982):** Geología de la región ambarífera oriental de la Republica Dominicana. 9ª Conferencia Geológica del Caribe, Santo Domingo, Republica Dominicana. Memorias, 1: 303-322
- BURKE, K.; FOX, P.J. y SENGOR, M.C. (1978):** Buoyant ocean floor and the origin of the Caribbean. Journal of Geophysical Research, 83, 3949-3954.

- BURKE, K.; GRIPPI, J. y SENGOR, M.C. (1980):** Neogene structures in Jamaica and the tectonic style of the northern Caribbean plate boundary zone. *Journal of Geophysical Research*, 88: 375-386.
- CRAWFORD, A.J., FALLON, T.J., GREEN, D.H. (1989):** Classification, petrogenesis and tectonic setting of boninites. En A.J. Crawford (ed.). *Boninites and related rocks*. Unwin Hyman, London, 1-49.
- CGG (COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE) (1999):** Informe final sobre la prospección magnética y radiométrica aereoportada del territorio de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Dirección General de Minería. Santo Domingo.
- 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
- DE LA FUENTE, S. (1976):** Geografía Dominicana. Ed. Colegial Quisqueyana S.A., Instituto Americano del Libro y Santiago de la Fuente sj; Santo Domingo, 272 pp.
- DE ZOETEN, R., (1988):** Structure and stratigraphy of the central Cordillera Septentrional, Dominican Republic: Austin, University of Texas, 299 pp.
- DE ZOETEN, R. y MANN, P. (1991):** Structural geology and Cenozoic tectonic history of the central Cordillera Septentrional, Dominican Republic. En: P. Mann, G. Draper, and J. Lewis, (eds.), *Geologic and Tectonic Development of the North America-Caribbean Plate Boundary Zone in Hispaniola*. Geological Society American Special Paper 262, 265-279
- DICKINSON, W.R. y SUCZEK, C.A. (1979):** Plate tectonics and sandstone composition. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 63: 2164-2182
- DIRECCIÓN GENERAL DE MINERÍA (DGM) y BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (BGR); COOPERACIÓN MINERA DOMINICO-ALEMANA (1991):** Mapa Geológico de la República Dominicana Escala 1:250.000
- DIXON T.H. Y 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., MANN, P., De ZOETEN, R., HEUBECK, C., SHIROMA, J., MONECHI, S., (1991):** Sedimentologic, stratigraphic, and tectonic synthesis of Eocene-Miocene sedimentary basins, Hispaniola and Puerto Rico. En P. Mann, G. Draper, J.F. Lewis (eds.). *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola*. Geological Society of America Special Paper 262, 217-263

-
- DOLAN, J.F. (1998):** Paleogene sedimentary basin development in the eastern Greater Antilles; Three studies in active-margin sedimentology. Ph.D. Thesis, University of California, Santa Cruz, 235 pp
- DOLAN, J.F., MANN, P. (1998):** Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Geological Society of America Special Paper 326, 174 pp.
- DOLAN, J. F., MULLINS, H. T., D, J. WALD, (1998):** Active tectonics of the north-central Caribbean: Oblique collision, strain partitioning and opposing subducted slabs, En J.F. Dolan, P. Mann, (eds). Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone, Geological Society of America Special Paper 326, 174p, 1-61
- DOMÍNGUEZ, H.S. (1987):** Geology, hydrothermal alteration and mineralization of the El Recodo porphyry copper prospect south-eastern Dominican Republic: Tesis Doctoral, Washington, D.C., George Washington University, 203 pp
- DRAPER, G., LEWIS, J.F. (1991):** Metamorphic belts in Central Española. En P. Mann, G. Draper, J.F. Lewis (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Española. Geological Society of America Special Paper, 262, 29-46.
- DRUMMOND, M.S. y DEFANT, M.J. (1990):** A model for trondhjemite-tonalite-dacite genesis and crustal growth via slab melting: Archean to Modern comparisons. Journal of Geophysical Research, 95, 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: 281-299.
- ESCUDE-RVIRUETE, J.; HERNÁIZ HUERTA, P.P.; DRAPER, G.; GUTIÉRREZ-ALONSO, G.; LEWIS, J.F. y 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. En Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana (PÉREZ-ESTAÚN, A.; TAVARES, I.; GARCÍA CORTES, A. y HERNÁIZ HUERTA, P.P., Eds.). Acta Geológica Hispánica, 37: 123-162.
- ESPI, J. A. (2000):** Análisis y ordenación de la minería artesanal. Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto SYSMIN. Proyecto C. Dirección General de Minería, Santo Domingo.
-

- FALCONBRIDGE DOMINICANA (1988):** Preliminary discussion of results. Cordillera Oriental Project, 2 de Mayo de 1988, 6 p.; Cordillera Oriental Project, 15 de Julio de 1988, 25 p. Centro de Documentación, Dpto. de Exploraciones Falconbridge Dominicana (Informe interno).
- GABB, W. M. (1881):** On the topography and geology of Santo Domingo. Am. Philos. Soc. Trans., n.s., XV: 49-259.
- GARCÍA SANZ (2004):** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 6472-III (Rincón Chavón) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Dirección General de Minería, Santo Domingo
- HARDING T.P. Y 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.
- HERNÁNDEZ, J.B. (1980):** Geología preliminar del area « El Valle », Provincia El Seybo, Republica Dominicana. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, Republica Dominicana. Memorias, vol 2, p. 675-680.
- HERNAIZ HUERTA, P.P. y DRAPER, G. (2000):** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 6172-II (Villa Altagracia) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Dirección General de Minería, Santo Domingo
- HEUBECK, C. (1988):** Geology of the southeastern termination of the Cordillera Central, Dominican Republic. Tesis Doctoral. Universidad de Texas, Austin, 333 p.
- ITURRALDE. (2001):** Geology of the amber-bearing deposits of the Greater Antilles. Caribbean Journal of Science, 37, 3-4: 141-167.
- JENNER, G.A. Y SWINDEN, H.S., (1993):** The Pipestone Pond Complex, central Newfoundland: complex magmatism in an eastern Dunnage Zone ophiolite. Canadian Journal of Earth Sciences, 30: 434-448.
- KESLER, S.E.; RUSSELL, N.; POLANCO, J.; McCURDY, K. y CUMMING, L. (1991a):** Geology and geochemistry of the early Cretaceous Los Ranchos Formation, central Dominican Republic. En P. Mann, G. Draper and J.F. Lewis (eds.) Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 262. 187- 202 pp.
- KESLER, S.E.; SUTTER, J.F.; BARTON, J.M. y SPECK, R.C. (1991b):** Age of Intrusive Rocks in Northern Española. . En P. Mann, G. Draper, J.F. Lewis (eds.) Geologic and

- tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper 262, 165-172.
- LEBRÓN, M.C. y MANN, P. (1991):** Geologic Map of the Eastern 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, 401 p.
- LEBRÓN, M.C. y PERFIT, M.R. (1994):** Petrochemistry and tectonic significance of Cretaceous island-arc-rocks, Cordillera Oriental, Dominican Republic. Tectonophysics, 229, 69-100.
- MANN, P.,(1983):** Cenozoic tectonics of the Caribbean structural and stratigraphic studies in Jamaica and Hispaniola. Thesis. New York University, Albany, 688 pp. (Inédito).
- MANN, P.; BURKE, K. y MATSUMOTO, T. (1984):** Neotectonics of Hispaniola; Plate motion, sedimentation and seismicity at a restraining bend. Earth and Planetary Science Letters, 70: 311-324.
- MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F., (eds)., (1991a):** Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 401 pp.
- MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F., (eds)., (1991b):** An overview of the geologic and tectonic development of Española. En P. Mann, G. Draper, J.F. Lewis (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper 262, 1-28.
- MARTÍN FERNÁNDEZ, M. y DRAPER, G. (2000):** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6172-IV (Bona0) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Dirección General de Minería, Santo Domingo
- MERCIER DE LEPINAY, B. (1987):** L'évolution géologique de la bordure Nord-Caraïbe: L'exemple de la transversale de l'île d'Española (Grandes Antilles). These de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, 378 pp. (Inédito).
- MONTHEL, J. (2004):** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6372-II (El Seibo) y Memoria correspondiente. Proyecto L de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Dirección General de Minería, Santo Domingo.
- NELSON C.E. (2000):** Volcanic domes and gold mineralization in the Pueblo Viejo district, Dominican Republic. Mineralium Deposita, 35: 511-525.

-
- PEARCE, J.A. y HARRIS N.B.W. y TINDLE, A.G. (1984):** Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, *Journal of Petrology*, vol.25, 956-983.
- PEARCE, J.A. y NORRY, M.J. (1979):** Petrogenetic Implications of Ti, Zr, Y, and Nb Variations in Volcanic Rocks, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, vol.69, 33-47.
- PEARCE, J.A. Y PEATE, D.W., (1995):** Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas. *Earth and Planetary Science Annual Review*, 23: 251-285.
- PÉREZ-ESTAÚN, A.; TAVARES, I.; GARCÍA CORTES, A. y HERNALZ, P.P., Eds. (2002):** Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. *Acta Geológica Hispánica*; 37: 77-80.
- PINDELL, J. L., BARRETT, S. F., (1990):** Geological evolution of the Caribbean region: a plate tectonic perspective. En G. Dengo y J.E. Case (eds.). *The Caribbean, Volume H, Decade of North American Geology*. Geological Society of America, Boulder, Colorado, 404-432.
- RAMSAY, J.G. (1967):** Plegamiento y fracturación de rocas. McGraw Hill-Herman Blume Ediciones.
- ROSENCRAFT, E.; ROSS, M.I. y 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*, 93, 2141-2157.
- SILVESTER, A.G. (1988):** Strike-slip faults. *Geological Society of America Bulletin*, v. 100, p. 1666-1703
- SMILEY, J., (1982):** Cretaceous plants from the Dominican Republic. Compañía Rosario Dominicano S.A., República Dominicana. Informe interno (Inédito).
- SUN, S., McDONOUGH, W.F., (1989):** Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle compositions and processes. En A.D. Saunders, M.J.Norry, (eds.). *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society Special Publication 42, 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, 293-309.
- TOLOCZYKI, M. y RAMÍREZ, I. (1991):** Mapa geológico de la República Dominicana 1:250.000. Secretaría de Estado de Industria y Comercio, Dirección General de Minería, Instituto Geográfico Universitario, Santo Domingo, D.N. (en cooperación con

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, República Federal de Alemania).

VAUGHAN, T.W.; COOKE, W.; CONDIT, D.D.; ROSS, C.P.; WOODRING, W.P. y CALKINS, F.C. (1921): A Geological Reconnaissance of the Dominican Republic. En Colección de Cultura Dominicana de la Sociedad Dominicana de Bibliófilos (ed.) Santo Domingo, 18 (1983), 268 pp.

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

WINSLOW, M.A.; GUGLIELMO, G. Jr.; NADAI, A.C.; VEGA, L.A. y 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: 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, 11-30.