



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

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

MICHES

(6372-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 del Servicio Geológico Nacional, habiendo participado los siguientes técnicos y especialistas:

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (INYPSA)

COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (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 Senz (INYPSA)

- Ing. Alberto Díaz de Neira

GEOMORFOLOGÍA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (INYPSA)

MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS

- Ing. Eusebio Lopera (IGME)

TELEDETECCIÓN

- Dra. Carmen Antón Pacheco (IGME)

INTERPRETACIÓN DE LA GEOFÍSICA AEROTRANSPORTADA

- Ing. José Luis García Lobón (IGME)

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 DEL SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

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

Se quiere agradecer muy expresamente al Dr. Andrés Pérez-Estaún la estrecha colaboración mantenida con los autores del presente trabajo; sus ideas y sugerencias sin duda han contribuido notablemente a mejorar la calidad del mismo.

Se pone en conocimiento del lector que en el Servicio Geológico Nacional existe una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria, constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones
- Fichas petrográficas y/o micropaleontológicas de cada una de las muestras
- Mapa de muestras
- Álbum de fotos
- Lugares de Interés Geológico

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

Memoria

- Mapa Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico del Cuadrante a escala 1:100.000 de El Seibo (6372) y Memoria adjunta
- Mapa de Recursos Minerales del Cuadrante a escala 1:100.000 de El Seibo (6372) y Memoria adjunta
- Geoquímica de Sedimentos Activos y Mineralometría. Mapa 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 Miches se encuentra situada en el sector oriental de la República Dominicana. La mayor parte de su territorio está incluida en la cordillera Oriental, exceptuándose la franja septentrional, perteneciente a la Llanura Costera de Miches y Sabana de la Mar.

Los materiales más antiguos, depositados durante el Neocomiano, afloran en los sectores septentrional y occidental, correspondiendo a los materiales volcánicos y volcano-sedimentarios de la Fm Los Ranchos, depositada en un contexto de arco insular. Sobre ellos, en el sector suroccidental se disponen las calizas arrecifales de la Fm Hatillo, sedimentada durante el Aptiano-Albiano. El conjunto más ampliamente representado es la Fm Las Guayabas, potente sucesión de areniscas y tobas depositadas en un ambiente turbidítico durante el Cretácico Superior; la elevada participación inicial de elementos volcánicos de sus componentes, puesta especialmente de manifiesto mediante la emisión volcánica del Mb Loma La Vega (Cenomaniano-Turoniano), disminuyó considerablemente tras el depósito de radiolaritas del Mb Arroyo La Yabana (Coniaciano), dando paso a una mayor participación de los componentes sedimentarios, culminada con la sedimentación de las calizas de la Fm Río Chavón; el conjunto se halla afectado por pequeñas intrusiones de serpentinitas y diabasas.

Los materiales terciarios, depositados bajo un régimen transpresivo, aparecen representados de forma localizada, estando constituidos por una sucesión eocena integrada por los típicos conglomerados de la Fm Don Juan, las calizas arrecifales de la Fm Yabón y un conjunto conglomerático de difícil atribución.

La estructura de la cordillera se basa en una sucesión de pliegues de dirección NO-SE, interrumpida por la presencia de fallas de idéntica orientación de entre las que destaca la falla de Yabón, accidente levógiro que probablemente ha actuado desde el Cretácico; el bloque septentrional está definido fundamentalmente por el amplio anticlinorio de la loma de los Gatos, en tanto que el bloque meridional se estructura mediante pliegues muy apretados.

Dentro de la evolución más reciente de la región es preciso destacar la elaboración de la Superficie de La Herradura, probablemente en un contexto litoral, así como su

elevación, articulada en su sector septentrional por la falla Meridional de Samaná, y el desarrollo de una intensa argilización sobre ella. La elevación de la superficie ha provocado una intensa acción de los procesos erosivos, sin que haya cesado la actividad de la falla de Yabón.

ABSTRACT

The 1:50,000 Miches sheet is located in the east of the Dominican Republic. Most of its territory is included in the Cordillera Oriental domain, except for the northern area, which corresponds to the coastal plain between Miches and Sabana de la Mar.

The oldest materials, deposited during the Neocomian, outcrop in the northern and western sectors and correspond to the volcanic and volcanosedimentary materials of the Los Ranchos Fm, deposited in an island arc context. Above these, in the southwestern sector, are the reef limestones of the Hatillo Fm deposited in the Aptian-Albian age. The most extensively represented formation is the Las Guayabas Fm, a thick sequence of sandstones and tuffs laid down in a turbiditic environment during the Upper Cretaceous age; the initially high amounts of volcanic elements in its composition, as can especially be seen in the volcanic emission of the Loma La Vega Mb (Cenomanian-Turonian), dropped considerably after the radiolarian deposits of the Arroyo La Yabana Mb (Coniacian), giving way to a higher proportion of sedimentary components, and culminating with the limestones of the Río Chavón Fm; this formation is affected by small serpentinite and diabase intrusions.

Tertiary materials deposited under a transpressive regime are represented only in a local way and consist of an Eocene sequence of the typical conglomerates of the Don Juan Fm, reef limestones of the Yabon Fm, and an enigmatic conglomerate complex.

The structure of the Cordillera Oriental is based on a succession of folds in a NW-SE direction, interrupted by a fault family in the same direction; most notably the Yabon fault, a left-lateral strike-slip fault probably performing since the Cretaceous. The northern block is characterised by the wide anticlinorium of the Loma de Los Gatos, while the southern block is structured by very tight folds.

With regard to the recent evolution of this region, attention is drawn to the formation of the surface of La Herradura, probably in a littoral context, its uplift articulated in its northern sector by the Samana Southern fault, and the development of an intense

argillitic formation over it. The surface uplift has led to an intensive erosion process and the Yabon fault continues to be active.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Metodología	1
1.2.	Situación geográfica	5
1.3.	Marco geológico	9
1.4.	Antecedentes	11
2.	ESTRATIGRAFÍA.....	14
2.1.	Cretácico	14
2.1.1.	Cretácico Inferior	14
2.1.1.1	Fm Los Ranchos (3) Coladas de rocas básicas e intermedias con niveles de brechas volcánicas y rocas volcanosedimentarias. (3a) Predominio de tobas y cineritas. (4) Brechas volcánicas. Neocomiano K ₁	16
2.1.1.2	Fm Hatillo (5) Calizas masivas con Rudistas. Aptiano-Albiano K ₁	18
2.1.2.	Cretácico Superior	19
2.1.2.1	Fm Las Guayabas (6) Areniscas y lutitas en capas planoparalelas delgadas, con intercalaciones de conglomerados y rocas volcánicas K ₂	24
2.1.2.2	Fm Las Guayabas (7) Calizas. Cenomaniano-Turoniano K ₂	27
2.1.2.3	Fm Las Guayabas. Mb Loma La Vega (8) Lavas, brechas y cineritas andesíticas y basálticas. Cenomaniano-Turoniano K ₂	29
2.1.2.4	Fm Las Guayabas (9) Brechas, conglomerados y tobas. Mb Hato Mayor (10) Brechas y areniscas en capas gruesas. (11) Brechas y conglomerados. Cenomaniano-Turoniano K ₂	31
2.1.2.5	Fm Las Guayabas. Mb Arroyo La Yabana (12) Radiolaritas en capas finas. Coniaciano-Santoniano K ₂	33

2.1.2.6	Fm Las Guayabas. Mb Las Auyamas (13) Areniscas y lutitas carbonatadas con intercalaciones de calizas. Senoniano K ₂	35
2.1.2.7	Fm Río Chavón (14) Calizas y calizas margosas. Senoniano K ₂	36
2.1.3.	Rocas intrusivas	37
2.1.3.1	Serpentinitas (1)	37
2.1.3.2	Diabasas (2)	39
2.2.	Cenozoico	40
2.2.1.	Paleógeno	41
2.2.1.1	Fm Don Juan (15) Conglomerados rojizos. Eoceno P ₂	42
2.2.1.2	Margas con intercalaciones de areniscas (16). Eoceno Inferior-Medio P ₂ ¹⁻²	43
2.2.1.3	Fm Río Yabón (17). Calizas masivas. Eoceno Medio-Superior P ₂ ²⁻³	44
2.2.1.4	Conglomerados (18). Eoceno Superior P ₃	45
2.2.2.	Cuaternario.....	46
2.2.2.1	Terrazas (19). Gravas y arenas. Pleistoceno-Holoceno Q ₁₋₄	46
2.2.2.2	Conos de deyección y abanicos aluviales (20, 32). Lutitas, gravas y arenas. Pleistoceno-Holoceno Q ₁₋₄	47
2.2.2.3	Deslizamientos (21). Lutitas, cantos y bloques. Pleistoceno-Holoceno Q ₄	48
2.2.2.4	Abanicos aluviales de baja pendiente (22). Lutitas, arenas y gravas. Pleistoceno-Holoceno Q ₁₋₄	48
2.2.2.5	Fondos de valle (23). Gravas, arenas y arcillas. Holoceno Q ₄	49
2.2.2.6	Aluvial-coluvial (24). Arcillas y cantos. Holoceno Q ₄	49

Memoria

2.2.2.7	Playas (25). Arenas. Holoceno Q ₄	50
2.2.2.8	Mantos eólicos (26). Arenas. Holoceno Q ₄	50
2.2.2.9	Áreas pantanosas (27). Lutitas. Holoceno Q ₄	50
2.2.2.10	Marismas altas (28). Marismas bajas (29). Lutitas y arenas. Holoceno Q ₄	50
2.2.2.11	Flechas litorales (30). Arenas. Holoceno Q ₄	51
2.2.2.12	Fondos de dolina (31). Arcillas de descalcificación. Pleistoceno- Holoceno Q ₁₋₄	51
2.2.2.13	Coluviones (33). Cantos, arcillas y arenas. Holoceno Q ₄	51
3.	PETROLOGÍA.....	53
3.1.	Descripción petrológica y petrográfica.....	53
3.1.1.	Formación Los Ranchos.....	53
3.1.2.	Formación Las Guayabas.....	53
3.1.2.1	Miembro Loma La Vega.....	56
3.1.3.	Serpentinitas.....	58
3.2.	Geoquímica.....	58
3.2.1.	Formación Los Ranchos.....	58
3.2.1.1	Tipo I: Toleítas de arco isla (IAT) pobres en Ti y LREE.....	66
3.2.1.2	Tipo II: Toleítas de arco isla (IAT) normales y pobres en Ti	66
3.2.1.3	Tipo III: Rocas félsicas.....	67
3.2.2.	Formación Las Guayabas.....	69
4.	TECTÓNICA	76

4.1.	Estructura.....	76
4.2.	Estructura de la Hoja de Miches.....	86
4.2.1.	Elementos estructurales.....	86
4.2.2.	Etapas de deformación.....	88
5.	GEOMORFOLOGÍA.....	90
5.1.	Análisis geomorfológico.....	90
5.1.1.	Estudio morfoestructural.....	90
5.1.1.1	Formas estructurales.....	90
5.1.2.	Estudio del modelado.....	91
5.1.2.1	Formas gravitacionales.....	92
5.1.2.2	Formas fluviales y de escorrentía superficial.....	92
5.1.2.3	Formas lacustres y endorreicas.....	94
5.1.2.4	Formas eólicas.....	95
5.1.2.5	Formas marinas-litorales.....	95
5.1.2.6	Formas por meteorización química.....	96
5.1.2.7	Formas poligénicas.....	96
5.2.	Evolución e historia geomorfológica.....	97
6.	HISTORIA GEOLÓGICA.....	99
7.	GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	103
7.1.	Hidrogeología.....	103
7.1.1.	Climatología e hidrología.....	103
7.1.2.	Hidrogeología.....	104

7.2.	Recursos minerales.....	106
7.2.1.	Minerales Metálicos	106
7.2.2.	Rocas Industriales y Ornamentales	108
7.2.2.1	Descripción de las Sustancias.	108
7.2.3.	Potencial minero.....	109
7.2.3.1	Minería Metálica	109
7.2.3.2	Rocas Industriales y Ornamentales.	109
8.	LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO	110
8.1.	Relación de los L.I.G.	110
8.2.	Descripción de los Lugares	110
9.	BIBLIOGRAFÍA	113

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Metodología

Debido al carácter incompleto y no sistemático del mapeo de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través del Servicio Geológico Nacional (SGN), se decidió a abordar a partir de finales de la década pasada, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea, en 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. (INYPSA), 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 del Servicio Geológico Nacional (SGN), del denominado Proyecto L, cuyo desarrollo se ha producido simultáneamente al del Proyecto K, adjudicado al mismo consorcio.

Este Proyecto comprende, a su vez, dos zonas bien diferenciadas, denominadas Zona L-Este y 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):

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)

Memoria

FIG. 1.1

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)

Ya que cada Hoja forma parte de un contexto geológico más amplio, la ejecución de cada una de ellas se ha enriquecido mediante la información aportada por las de su entorno, con frecuentes visitas a sus territorios; por ello, a lo largo de la presente Memoria se hacen alusiones a otras Hojas, en especial a las que integran los cuadrantes a escala 1:100.000 de El Seibo y Las Lisas.

Durante la realización de la Hoja a escala 1:50.000 de Miches se ha utilizado la información disponible de diversa procedencia, así como las fotografías aéreas a escala 1:40.000 del Proyecto MARENA (1983-84) y las imágenes de satélite Spot P, Landsat TM y SAR. Para la identificación y el seguimiento de estructuras profundas o subaflorantes, ha sido de gran utilidad el Mapa Aeromagnético de la República Dominicana (Fig. 1.2; CGG, 1999).

Los recorridos de campo se complementaron mediante fichas de control en las que se registraron los puntos de toma de muestras (petrológicas, paleontológicas y sedimentológicas), datos de tipo estructural y fotografías. De forma coordinada con la elaboración de la Hoja, se realizó la cartografía Geomorfológica y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico del cuadrante correspondiente, a escala 1:100.000 (El Seibo, 6372).

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

Memoria

FIG. 1.2

1.2. Situación geográfica

La Hoja a escala 1:50.000 de Miches (6372-I) se encuentra situada en el sector nororiental de la República Dominicana (Fig. 1.3), en el ámbito del litoral meridional de la bahía de Samaná. La mayor parte de su territorio pertenece a la provincia de El Seibo, exceptuándose el sector noroccidental, perteneciente a la de Hato Mayor. Su fisiografía queda definida por la presencia de la cordillera Oriental, al norte de la cual se localiza la Llanura Costera de Sabana de la Mar y Miches, dos de los principales dominios fisiográficos de la República Dominicana (De la Fuente, 1976).

La cordillera Oriental es una alineación montañosa de dirección E-O, sentido en el que decrece su altitud, siempre moderada, hasta el punto de que sus relieves llegan a confundirse con los de la región de Los Haitises en la Hoja de El Valle (6372-III), llegando incluso a desaparecer, reapareciendo en la vecina Hoja de Antón Sánchez (6272-I), a partir de donde es considerada como la sierra de Yamasá (Fig. 1.4). Por tanto, es en el sector oriental donde manifiesta más claramente su fisonomía como cordillera, alcanzando una altitud máxima de 634 m en el ámbito de la Hoja (loma La Ceybita); su principal rasgo en ésta es la ausencia de una línea de cumbres bien definida como consecuencia del desarrollo de una superficie peniplanizada basculada hacia el NO.

Pese a carecer de una línea de cumbres bien definida en la mayor parte de su territorio, posee un carácter marcadamente abrupto, con fuertes encajamientos de la red fluvial. En general, debido a su proximidad a la bahía de Samaná, los principales encajamientos se encuentran en su vertiente septentrional, destacando el del río Magua, cuyas vertientes alcanzan desniveles de 300 m. La abundancia de accidentes tectónicos también ha dado lugar a diversos valles intramontañosos fuertemente encajados, destacando entre ellos los existentes a lo largo de la falla de Yabón: el del río Yabón, en el sector occidental y el del río Seibo, en el sector meridional.

FIG. 1.3

Memoria

FIG. 1.4

Memoria

La Llanura Costera de Miches está bien representada a lo largo del dinámico litoral de la bahía de Samaná, apareciendo como una planicie dispuesta en general a cotas inferiores a 20 m, al sur de la cual se alzan bruscamente los relieves septentrionales de la cordillera. En su seno alberga diversas lagunas y ciénagas, de entre las que destacan las de Las Cañitas y Las Pajas. Su litoral posee un carácter predominante de costa baja, con desarrollo de manglares, excepto en el sector oriental, caracterizado por playas.

Los principales rasgos fisiográficos de la Hoja son la disección del dominio montañoso, cuya cumbre ha sido peniplanizada, los extensos sistemas aluviales que orlan el borde septentrional de la cordillera, así como las vertiente de los principales valles, y la dinámica litoral de la Llanura Costera de Sabana de la Mar y Miches.

Debido a la elevada pluviometría de la región, la red de drenaje está integrada por una densa red de ríos y arroyos de carácter permanente. La cordillera actúa como divisoria entre los cursos fluviales que vierten sus aguas al mar Caribe y los que lo hacen al océano Atlántico en la bahía de Samaná.

A excepción del río Yabón, que discurre de SE a NO a lo largo de más de 40 km, la cuenca septentrional se caracteriza por cursos cortos orientados de sur a norte, de entre los que destacan los ríos Magua, La Yeguada y Jovero. La cuenca meridional está integrada por cursos de mayor longitud y caudal, dirigidos hacia el sur, afluentes de algunos de los principales ríos del sector oriental dominicano, destacando los ríos Seibo, Guaiquía y Magarín.

La región posee un típico clima tropical (De la Fuente, 1976), suavizado por su carácter insular, con temperaturas medias de 26° C y precipitaciones de 2.000 mm/año en el sector septentrional y 1.400 en el meridional; es frecuente la presencia de tormentas tropicales y huracanes, especialmente concentradas entre septiembre y octubre, observándose variaciones estacionales ligeras, siendo algo más acusadas las diarias. En cuanto a la evapotranspiración potencial, sus valores varían entre 1.200 y 1.600 mm/año.

La vegetación varía notablemente con predominio de los bosques constituidos por una vegetación típicamente tropical, con existencia también de extensos pastos y cultivos, especialmente en la llanura costera.

Memoria

Su población se encuentra muy desigualmente repartida, con áreas prácticamente deshabitadas, frente a núcleos de población de cierta entidad. El más destacado de ellos es Miches, centro de actividad de la zona costera, en la que también es preciso destacar La Jina y Magua. En la vertiente meridional cabe señalar Pedro Sánchez, sin olvidar que todo ese sector se encuentra bajo el ámbito de influencia de Hato Mayor del Rey y El Seibo, capitales provinciales y centros administrativos de la zona. La actividad de la población se centra casi exclusivamente en la agricultura y la ganadería, además de la pesca en el sector de Miches.

Excepción hecha de la carretera que une Miches y El Seibo, la red de comunicaciones es bastante precaria, basándose en un pequeño número de pistas y carreteras en mal estado, la mayoría de las cuales se distribuyen por el sector meridional.

1.3. Marco geológico

La Hoja de Miches refleja fielmente las características geológicas de los dos dominios que incluye, coincidentes con los dominios fisiográficos de la cordillera Oriental y la Llanura Costera de Sabana de la Mar y Miches. Su estructura geológica se basa en la presencia de los relieves cretácico-paleógenos de la cordillera Oriental, que desaparece bruscamente en el litoral atlántico, caracterizado por una estrecha franja de depósitos cuaternarios que tapizan la Llanura Costera de Miches (Fig. 1.5). Su desaparición hacia el sur se realiza de forma más gradual, a través del Piedemonte de la cordillera Oriental, ya en la vecina Hoja de El Seibo (6372-II), en el que alternan los materiales cretácicos y cuaternarios, configurando diversas superficies.

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), interponiéndose entre ambas formaciones la Fm Hatillo, de naturaleza calcárea; el conjunto se encuentra afectado por un cortejo intrusivo, constituido por serpentinitas y diabasas. Discordantes sobre la Fm Las Guayabas aparecen diseminados por el sector suroccidental una serie de afloramientos de materiales paleógenos entre los que se incluye el típico conjunto conglomerático de la Fm Don Juan.

Memoria

FIG. 1.5

La estructura interna se basa en pliegues de amplio radio, excepción hecha del sector suroriental donde adquieren un carácter apretado, y, especialmente, una densa red de fracturación de orientación NO-SE, de entre la que destaca la falla de Yabón, generados mayoritariamente a comienzos del Terciario; no obstante, el conjunto se halla afectado y limitado, al menos parcialmente, por el sistema de desgarres E-O generado durante el Mioceno, cuya máxima expresión es la falla meridional de Samaná.

Los sedimentos cuaternarios, de naturaleza muy diversa, están ampliamente distribuidos, especialmente a lo largo de la Llanura Costera de Sabana de la Mar y Miches, constituida por un variado conjunto de depósitos, predominando los de carácter litoral, de entre los que destacan las marismas y las áreas pantanosas. Junto a ellos, destacan los de carácter fluvial, ampliamente extendidos también por los diversos valles de las zonas montañosas.

1.4. Antecedentes

Aunque los trabajos pioneros se remontan a la época del descubrimiento de América, las primeras observaciones geológicas válidas actualmente se remontan a 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.

Memoria

En cualquier caso, es la tesis de Bourdon (1985) la que añadió 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 de escala 1:100.000 que la acompaña representa las formaciones más significativas, habiendo sido reproducido con pocos cambios en las cartografías de síntesis posteriores.

Ante la gran cantidad de trabajos existentes y la consiguiente proliferación de términos referentes a Formaciones, el Servicio Geológico Nacional realizó un intento de unificación de la nomenclatura mediante la elaboración del Léxico Estratigráfico Nacional, con uno de sus dos tomos dedicado a las formaciones de la cordillera Central y sus áreas próximas (1986). En cuanto a las cartografías geológicas de síntesis, 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 el Servicio Geológico Nacional y el Instituto Cartográfico Universitario en colaboración con la Misión Alemana (1991).

Otra notable cartografía de síntesis acompaña a la interesantísima 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; de entre ellos cabe destacar los de Mann *et al.* (1991b), en el que se abordan los principales aspectos geodinámicos y Kesler *et al.* (1991a), en el que 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.

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

Memoria

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 dentro del Programa SYSMIN en una región próxima con motivo del Proyecto de Cartografía Geotemática en la República Dominicana (Hernaiz y Draper, 2000, Martín 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-Viruet *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.

También dentro del Programa SYSMIN, aunque con un carácter más general con relación al ámbito dominicano, es preciso señalar los relativos a aspectos sísmicos (Prointec, 2000) e hidrogeológicos (Acuater, 2000).

2. ESTRATIGRAFÍA

En la Hoja a escala 1:50.000 de Miches afloran materiales cretácicos terciarios y cuaternarios, 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 de forma discontinua a los anteriores, a modo de tapiz de reducido espesor. Integran una serie sedimentaria de naturaleza variada.

2.1. Cretácico

El registro cretácico de la cordillera y de la Hoja es bastante completo, distinguiéndose 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, perteneciente igualmente al Cretácico Inferior. El conjunto cretácico se encuentra afectado por pequeñas intrusiones, mucho más extensas en las Hojas de El Valle (6372-IV) y Rincón Chavón (6472-III).

2.1.1. Cretácico Inferior

Tanto en la cordillera Oriental como en La Hoja, el Cretácico Inferior está constituido por dos conjuntos principales: las formaciones Los Ranchos y Hatillo.

La Fm Los Ranchos constituye los afloramientos más antiguos de la cordillera. Está integrada por un conjunto de rocas predominantemente volcánicas y volcanoclásticas, en las que se intercalan rocas sedimentarias, afectadas por un metamorfismo débil (facies de prehnita-pumpellita); fue definida por Bowin (1966) en los alrededores del célebre yacimiento de oro de Pueblo Viejo. Posteriormente, Kesler *et al.* (1991a) propusieron una organización litostratigráfica de la formación, basada esencialmente en los trabajos realizados en el entorno de Pueblo Viejo, subdividiendo la formación de base a techo en los miembros Cotuí, Quita Sueño, Meladito, Platanal/Naviza, Zambrana y Pueblo Viejo. Sin embargo, Nelson (2000) discrepa de esta organización

Memoria

litostratigráfica, proponiendo la existencia de tres facies volcánicas más o menos sincrónicas, que se relacionan lateralmente. En concreto, Nelson (2000) distingue: rocas volcánicas de composición andesítica, incluyendo lavas, rocas piroclásticas e intrusivas; un conjunto de brechas gruesas, tobas medias y finas; y un conjunto de domos dacíticos con rocas piroclásticas relacionadas. Según este autor, las rocas volcanoclásticas y volcanogénicas son el resultado del desmantelamiento de los domos extrusivos y los productos piroclásticos de composición andesítica o dacítica se reparten en la periferia de los centros emisivos.

Durante la realización del presente proyecto, también se han encontrado dificultades para extrapolar la subdivisión litoestratigráfica de Kesler *et al.* (1991a) a los afloramientos de la Fm Los Ranchos en buena parte de la cordillera Oriental. A grandes rasgos, se han podido definir tres unidades informales dentro de la formación: un miembro inferior, reconocido principalmente en las Hojas de Sabana Grande de Boyá (6272-IV) y de El Valle (6372-IV), compuesto por brechas volcanoclásticas poligénicas e intercalaciones de flujos lávicos y andesíticos, así como de horizontes volcanoclásticos finos, bien estratificados; un miembro intermedio, bien individualizado en las Hojas de Sabana Grande de Boyá, Bayaguana (6272-II), Antón Sánchez (6272-I), y en menor medida en las de Hato Mayor del Rey (6372-III) y El Valle, está compuesto por lavas dacíticas y riódacíticas, con rocas piroclásticas y epiclásticas relacionadas; y un miembro superior, bien definido en las Hojas de Bayaguana, Hato Mayor y El Valle, en este último caso discordante bajo la Fm Hatillo, compuesto por rocas volcanoclásticas andesíticas, principalmente brechas y aglomerados monogénicos, y flujos masivos de andesitas y basaltos porfídicos.

Las deficientes condiciones de afloramiento de la Hoja de Miches no permiten excesivas precisiones sobre su estratigrafía, aunque en cualquier caso sus materiales parecen corresponder al miembro superior. Predominan las coladas de rocas básicas e intermedias que incluyen niveles de brechas volcánicas y rocas volcanosedimentarias (unidad 3), aunque localmente se puede observar un predominio de brechas volcánicas (unidad 4).

Memoria

2.1.1.1 Fm Los Ranchos (3) Coladas de rocas básicas e intermedias con niveles de brechas volcánicas y rocas volcanosedimentarias. (3a) Predominio de tobas y cineritas. (4) Brechas volcánicas. Neocomiano K₁

En general, la Fm Los Ranchos se presenta bajo unas deficientes condiciones de observación, tanto por la densa cubierta vegetal de la región, como por la intensidad con que los procesos de alteración han actuado sobre ella. Presenta tres afloramientos de dimensiones sensiblemente diferentes, pero en todos los casos parecen relacionarse con antiformes cuyos límites se encuentran en general fuertemente tectonizados. El más suroccidental es el de la loma de Palma Clara, relacionado con un anticlinal de dirección NO-SE cuyo flanco nororiental ha sido biselado por un desgarre de orientación semejante; posee reducidas dimensiones y su asignación se ha realizado en base a su disposición bajo la Fm Hatillo y a su signatura en los mapas aeromagnéticos. El afloramiento central se encuentra afectado por la alteración de la superficie de La Herradura, mostrando una geometría en cuña limitada al sur por la falla de Yabón y al noreste por otro destacado desgarre de orientación NO-SE. En cuanto al nororiental parece constituir el núcleo de un anticlinorio de grandes dimensiones, posiblemente continuación del de la loma de los Gatos; está totalmente limitado por fallas, la meridional de las cuales, la de la loma La Mireya, parece poseer componente inverso.

Las principales observaciones han sido realizadas en el afloramiento septentrional, que posee un pequeño número de cortes de interés a lo largo de la carretera Miches-Sabana de la Mar. Es frecuente su aparición a modo de bloques, de orden decimétrico a métrico, aunque con frecuencia quedan enmascarados por la vegetación. En general aparecen como rocas volcánicas y volcano-sedimentarias básicas de tonos verdosos por efecto de la alteración (unidad 3), dispuestas en niveles de espesor métrico. Un buen punto de observación de sus características son las canteras del paraje Culebras. Además de rocas basálticas, también se han reconocido andesitas, dacitas, tobas y cineritas; estas dos últimas litologías aparecen en alta proporción en el sector de la loma El Mogote (unidad 3a).

Un aspecto peculiar de la formación es el de basaltos brechoides, que constituyen en realidad una autobrecha (unidad 4). Aparecen a modo de bloques negruzcos elipsoidales, cuyo eje mayor puede sobrepasar 3 m, en el paraje de loma Evangélica, siendo un buen punto de observación la carretera de Sabana de la Mar-Miches, donde

Memoria

los bloques se encuentran en el seno de una masa arcillosa rojiza correspondiente a productos de alteración; en corte fresco también muestran tonalidades oscuras y aspecto bréchico.

Su base no aparece en punto alguno, en tanto que su techo, cuando no ha sido erosionado, está constituido por los niveles calcáreos de la Fm Hatillo (unidad 5); las condiciones de afloramiento no permiten establecer su relación, que en la Hoja de Hato Mayor presenta carácter de disconformidad. El espesor visible tiene, por tanto, carácter de valor mínimo, alcanzando 1.000 m.

En lámina delgada predominan las rocas volcánicas basálticas (unidad 3), de tipo lávico, textura porfídica y matriz afanítica variablemente fluidal. Los fenocristales son milimétricos (hasta 0,6 cm) y están constituidos por agregados glomeroporfídicos de plagioclasas macladas y con zonado complejo, y prismas subido a idiomorfos de clinopiroxeno augítico. El flujo basáltico tiene una matriz compuesta por un entramado de plagioclasas, a modo de microfenocristales, y posibles vacuolas de pequeño tamaño. La elongación subparalela de las láminas de plagioclasa, rodeando a los fenocristales, definen una textura fluidal traquítica. La calcita forma agregados alotriomorfos que reemplazan a los ferromagnesianos, dejando el exceso de hierro y titanio en forma de opacos y óxidos pardos en los bordes, formando también parches irregulares. Las vacuolas aparecen indefectiblemente rellenas por epidota amarilla microcristalina (rica en el componente pistachita), clorita, calcita y zeolitas fibroso-radiales, minerales que también forman agregados reemplazando a los ferromagnesianos. En la mesostasia hay agregados secundarios de sericita, clorita y opacos.

Al microscopio, el aspecto más general de los niveles bréchicos (unidad 4) es el de una roca volcánica porfídica, vesicular (amigdaloidal) con fragmentos de roca volcánicas, probablemente autoclásticos. Los fenocristales son idio a subidiomorfos de augita y de plagioclasa de composición labradorita fundamentalmente, apareciendo frecuentemente en agregados glomeroporfídicos y con maclas. La mesostasia es afanítica, estando compuesta por un entramado de microfenocristales de plagioclasa de macla simple, junto con material criptocristalino y opacos. Se clasifican como basaltos porfídicos con plagioclasa y augita.

Memoria

La alteración es moderada y da lugar a la formación de clorita, albita, sericita y zeolitas, que reemplazan pseudomórficamente a los fenocristales y rellenan las cavidades (amígdalas), frecuentemente como agregados fibroso-radiales. La mesostasia podría estar ligeramente esquistosada con láminas de disolución por presión.

En cuanto a su edad, no existen datos que permitan su precisión. En cualquier caso, la asignación de la suprayacente Fm Hatillo al Aptiano-Albiano acota la edad del techo de la Fm Los Ranchos; por otra parte, el hallazgo de plantas fósiles en el ámbito de la mina de Pueblo Viejo, concretamente *Gleichenites* (o *Gleichenoides*), *Zamites*, *Phoenicopsis*, *Yuccites* (= *Pelourdia*), *Podozamites*, *Frenelopsis* (o *Pseudofrenelopsis*) y *Brachyphyllum*, sugiere su asignación al Neocomiano.

2.1.1.2 Fm Hatillo (5) Calizas masivas con Rudistas. Aptiano-Albiano K₁

Constituye una de las unidades más típicas del sector occidental de la cordillera Oriental, disponiéndose entre las formaciones Los Ranchos y Las Guayabas (o su equivalente, la Fm Las Lagunas). 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 Miches, la Fm Hatillo aflora exclusivamente en el sector suroccidental, en el paraje de Los Bolos, a modo de banda estrecha entre las formaciones citadas, bajo malas condiciones de observación. No obstante, el afloramiento posee una mayor extensión, así como una mayor calidad en su prolongación por la Hoja de El Valle. Se reconoce como un conjunto calcáreo de aspecto masivo, intensamente karstificado, en el cual no es posible deducir su disposición sin las observaciones de los niveles infra y suprayacentes.

Aunque en sectores próximos en la Fm Hatillo se reconocen diversas asociaciones litológicas (Hoja de Hato Mayor), en la Hoja de Miches aparece exclusivamente bajo su aspecto más común, como calizas masivas con Rudistas y Corales, con un espesor cercano a 200 m. Más en detalle, se trata de calizas masivas grises *wackestone*, con fauna de Rudistas, Corales, Equinodermos, Gasterópodos, Lamelibranquios 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 y Rojas y Skelton (*com. pers.* en Escuder *et al.*, 2002) determinaron una edad Albiano Inferior-Medio por fauna de rudistas. De acuerdo con ello, la unidad ha sido asignada al Aptiano-Albiano.

2.1.2. Cretácico Superior

El Cretácico Superior está representado en la cordillera Oriental por potentes series de rocas volcanoclásticas agrupadas mayoritariamente en la Fm Las Guayabas (Lebrón y Mann, 1991). Sus afloramientos se extienden entre el cabalgamiento de Hatillo, que constituye el límite con el Cinturón Intermedio, y la costa oriental de La Española (Fig. 1.4). La sucesión más completa, de unos 6 km de espesor, está expuesta al este de Hato Mayor, en el ámbito de los principales relieves de la cordillera. Los estratos son en general más jóvenes hacia el sur y se hallan plegados y cortados por fallas en dirección que ponen en contacto rocas de diferentes edades y facies, dificultando las correlaciones.

La secuencia del Cretácico Superior está limitada por dos discordancias. La inferior es un contacto que asciende y desciende en la serie estratigráfica de las formaciones Hatillo y Los Ranchos (Cretácico Inferior), con saltos bruscos que coinciden con fallas. La superior es una discordancia bajo la Fm Don Juan (Eoceno), que trunca pliegues contractivos, llegando a erosionar a toda la serie del Cretácico Superior (Fig. 2.1).

Memoria

Dentro del conjunto, mayoritariamente volcanoclástico, se diferencian diversas litologías que permiten su subdivisión estratigráfica: areniscas epiclásticas y tobas, lavas, radiolaritas y calizas, principalmente (Fig. 2.2). Bourdon (1985) cartografió y describió estas litologías con el apoyo de dataciones, agrupándolas en dos unidades, El Seibo y El Oro, separadas por un cabalgamiento de dirección E-O. Posteriormente, Lebrón y Mann (1991) propusieron una nomenclatura estratigráfica formal que prescindía de las unidades de El Seibo y El Oro, pero que no solucionó el problema de correlación a ambos lados del cabalgamiento. Los trabajos realizados dentro del presente proyecto suponen avances en el conocimiento estructural y en la definición de los límites lito y cronoestratigráficos de las unidades, que han permitido por primera vez unificar la estratigrafía de la cordillera Oriental.

La bioestratigrafía del Cretácico Superior se basa en el contenido de Foraminíferos planctónicos, Radiolarios y Ammonoideos, ya que debido a la restricción batimétrica, los Rudistas aparecen y son útiles únicamente al final del Cretácico. El piso Cenomaniano no se ha podido separar del Albiano, habiéndose diferenciado ambos de forma arbitraria por el cambio composicional entre las formaciones Hatillo y Las Guayabas. El Turoniano Inferior-Medio está representado por la zona de *Helvetoglobotruncana 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. Ammonites del Coniaciano inferior han sido citados en calizas intercaladas entre el Mb El Cujano (Bourdon *et al.*, 1983, 1984; Bourdon, 1985). Por el contrario, es cuestionable la atribución estricta al Coniaciano dada por Bourdon (1985) del actual Mb Arroyo La Yabana en base a una asociación de radiolarios, porque mezcla formas albo-cenomanianas, formas coniaciano-santonianas y formas campanianas. El estudio de Foraminíferos planctónicos y Radiolarios recogidos en sucesión vertical en la Hoja de El Seibo permite ubicar el límite Santoniano-Campaniano cerca de la base de la Fm Río Chavón. Este dato contrasta una vez más con la fauna planctónica del Coniaciano-Santoniano citada por Bourdon (1985) en dicha formación, sugiriendo que la fauna se halla resedimentada o que la base de la Fm Río Chavón es más diacrónica de lo que hasta ahora se ha supuesto.

Memoria

FIG 2.2

El Maastrichtiano se ha reconocido en la Fm Loma de Anglada por fauna bentónica de Sulcoperculinas y Orbitoideos (Bourdon, 1985); en dicha formación el Maastrichtiano superior ha sido precisado por Rudistas de la asociación *Titanosarcolites* (Pons, *com. personal*), al igual que en la Fm Río Chavón por Foraminíferos planctónicos de la biozona de *Abathomphalus mayaroensis*, en la Hoja de Las Lisas (6472-IV).

La presencia de varios de los niveles característicos en el sector de confluencia entre las Hojas de Miches, El Seibo, Las Lisas y Rincón Chavón, ha permitido el establecimiento de una serie estratigráfica válida para el sector oriental de la cordillera, con diversas unidades que en su mayoría han sido diferenciadas en la cartografía de la Hoja de Miches, en la que los materiales del Cretácico Superior constituyen la mayor parte de su superficie.

La sección estratigráfica está dominada por detríticos de procedencia ígnea y metamórfica, que constituyen el componente principal de la Fm Las Guayabas (unidad 6). El nivel de referencia más característico es el constituido por las radiolaritas del Mb Arroyo La Yabana (Coniaciano superior-Santoniano), que divide la serie del Cretácico Superior en dos conjuntos: en el inferior, el volumen de detríticos de origen sedimentario es insignificante, pero se incrementa en el superior, con detríticos derivados de la destrucción de una plataforma de carbonatos. Pese al predominio de los constituyentes de origen volcánico en el tramo inferior de la Fm Las Guayabas, con intercalación del nivel andesítico-basáltico del Mb Loma La Vega (unidad 8) y de brechas volcánicas (unidad 9), también se han reconocido intercalaciones de calizas (unidad 7) y de las brechas y areniscas de la Fm Hato Mayor (unidad 10). En el tramo superior se aprecia un mayor contenido sedimentario que ha permitido la individualización del Mb Las Auyamas; dicho aumento alcanza su máxima expresión en el caso de la Fm Río Chavón (unidad 14), constituida por una característica sucesión de calizas. Las condiciones de afloramiento no permiten precisar si la ausencia de niveles guía en el sector nororiental de la Hoja es debida a su desaparición por cambio lateral o a que únicamente afloran allí los términos inferiores de la serie.

La fauna presente en la sección del Cretácico Superior indica un ambiente de mar profundo (con excepción de la Fm Loma de Anglada, aflorante en la Hoja de Las Lisas, con la 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 una reconstrucción fidedigna de los sistemas deposicionales.

El contexto tectónico y deposicional del Cretácico Superior se relaciona con una cuenca de ante-arco desarrollada sobre el extinto arco volcánico de la Fm Los Ranchos y rellena por detríticos que proceden principalmente del nuevo arco volcánico situado al sur de la cordillera Oriental, pero también de un basamento metamórfico situado al norte, comparable al actual de la Península de Samaná.

2.1.2.1 Fm Las Guayabas (6) Areniscas y lutitas en capas planoparalelas delgadas, con intercalaciones de conglomerados y rocas volcánicas K₂

La localidad tipo propuesta por Lebrón y Mann (1991) para el presente conjunto es el corte La Jagua-Los Cacaos descrito por Bourdon (1985) en la Hoja de Hato Mayor, corte que representa unos 200 metros del tramo basal de la unidad. Su base es un contacto litológico brusco y discordante a escala cartográfica, que superpone areniscas de granos volcánicos sobre las calizas con rudistas de la Fm Hatillo o sobre rocas volcánicas de la Fm Los Ranchos. En cuanto a su techo, viene marcado por los niveles de radiolaritas del Mb Arroyo La Yabana, pero en ausencia de este nivel guía, el techo de la Fm Las Guayabas asciende en la serie.

La Fm Las Guayabas se compone típicamente de areniscas finas-medias de color oscuro, estratificadas en capas regulares planoparalelas de entre 1 cm y alrededor de 1 metro de espesor. Las capas de espesor centimétrico se componen de arena fina-media, con o sin laminación; más raramente muestran buena granoclasificación y laminación *ripple*. Las capas de mayor espesor son de grano grueso a grava y generalmente masivas, con una exfoliación concéntrica característica. En algunas localidades de las Hojas de Monte Plata, Hato Mayor del Rey y El Seibo, la estratificación en capas se halla distorsionada por pliegues de *slump* y fallas de deslizamiento. La parte inferior de la formación intercala además niveles de brechas, rocas volcánicas, lutitas silíceas y calizas de color oscuro con fauna pelágica, que han sido diferenciados en la cartografía cuando sus dimensiones lo han permitido.

Las características petrográficas de las areniscas (incluyendo también al Mb Hato Mayor) indican una composición homogénea, rica en fragmentos líticos y feldespato y pobre en cuarzo (Fig. 2.3B); la compactación de fragmentos líticos y feldespato ha

Memoria

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.

Predominan los fragmentos de rocas volcánicas y/o plutónicas, con cantidades menores, aunque significativas, de fragmentos metamórficos y sedimentarios (Fig. 2.3A); 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).

En la Hoja de Miches la Fm Las Guayabas (unidad 6) es la más ampliamente representada, incluyendo numerosas intercalaciones de origen sedimentario y volcánico. Las mejores observaciones pueden efectuarse en los diversos cortes de la carretera Miches-Pedro Sánchez, donde la facies dominante son capas delgadas laminadas de arenisca fina y lutita con esporádicos *ripples*. Dichos cortes forman parte de una estructura antiforme, siendo en el flanco meridional donde es posible realizar mejores observaciones y donde la serie se presenta más completa. Los niveles inferiores afloran en la loma de los Gatos, donde se observa un nivel de brechas volcánicas (unidad 9), que da paso a la Fm Las Guayabas hasta las proximidades del paraje El Once, donde aparecen, con excelente calidad de exposición, las radiolaritas del Mb Arroyo La Yabana (unidad 12).

En el sector noroccidental, entre las lomas El Mogote y La Novilla, la unidad aparece afectada localmente por una intensa deformación que le confiere aspecto esquistoso; en afloramientos alterados presenta típicos tonos verdosos, en tanto que en corte fresco muestra tonos grisáceos y frecuentes venillas de cuarzo muy replegadas. En lámina delgada aparecen como rocas metavolcánicas de naturaleza básica, afectadas por una deformación dúctil-frágil que genera una esquistosidad y un metamorfismo de baja temperatura; la asociación mineralógica original ha sido sustituida por una serie de minerales neoformados metamórficamente: pumpellita, sericita, clorita, tremolita-actinolita, cuarzo y albita, indicativos de la facies de subesquistos verdes a esquistos verdes de más baja temperatura.

Fig. 2.3

La Fm Las Guayabas contiene Radiolarios y Foraminíferos planctónicos mal conservados (Bourdon, 1985). No obstante, su disposición sobre la Fm Hatillo acota la edad de su base al Cenomaniense; igualmente, cuando su techo está marcado por el nivel de radiolaritas, el Coniaciano es su límite. En cualquier caso, en los lugares donde no existen niveles de referencia, la Fm Las Guayabas se ha asignado, de forma imprecisa, al Cretácico Superior.

Los fósiles, las estructuras sedimentarias y la petrografía indican que se trata de areniscas y limos tobáceos depositados en un ambiente de mar profundo alrededor de volcanes subacuáticos (volcanismo explosivo a freatomagmático) que aportan de forma continua las partículas volcanoclásticas, ya sea por resedimentación en turbiditas y flujos en masa, o más comúnmente como indica la escasez de estructuras tractivas, 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. 2.4).

2.1.2.2 Fm Las Guayabas (7) Calizas. Cenomaniano-Turoniano K₂

En el sector suroccidental, la Fm Las Guayabas intercala diversos niveles de calizas, situados estratigráficamente bajo los niveles de calizas de la Fm Río Chavón (unidad 14) y que han sido representados en la cartografía cuando sus dimensiones lo han permitido. Sus características son visibles en Palo Seco, Los Ranchitos y El Peñón, como lugares más accesibles. En todos los casos se trata de niveles de calizas ocres a grises, en general intensamente karstificadas, agrupadas en niveles de orden decimétrico a métrico, cuyo espesor conjunto no sobrepasa 50 m; en cuanto a su continuidad lateral, no supera los 2 km.

Presentan aspectos texturales variados. Por una parte, aparecen como calizas micríticas con orbitolínidos, bivalvos, microforaminíferos y ostrácodos, con vetas irregulares rellenas de calcita y espículas calcitizadas; presentan un elevado contenido micrítico (75-80%), predominando entre los aloquímicos los fósiles (> 95%) sobre los pelets (< 5%), clasificándose como *wackestones* de bioclastos. Por otra, se muestran como calizas bioclásticas de grano grueso con vetas irregulares gruesas rellenas de calcita; contienen una elevada proporción de aloquímicos (65-70%) con predominio de fósiles (80-90%) sobre pelets (10-20%), en tanto que entre los ortoquímicos predomina la micrita (25-30%) sobre la esparita (5-10%), clasificándose como *packstones*

Fig. 2.4

Poseen un elevado contenido faunístico, con Orbitoides, Siderolites, Lepidorbitoides, Miliólidos, Ataxophragmiidos, Rotálidos, Espículas, *Globotruncana sp.*, *Heterohelix sp.* y Ophthalmidiidos, que han sido atribuidos al Senoniano; no obstante, su disposición bajo la Fm Río Chavón (unidad 4) e incluso bajo el Mb Loma La Vega (unidad 8), cuestiona dicha atribución, por lo que se ha asignado al Cenomaniano-Turoniano.

En cuanto a su ambiente deposicional, se interpretan en un contexto de plataforma, con sectores abiertos y protegidos, que permitiría la deposición de carbonatos durante un periodo de escasa actividad del arco volcánico.

2.1.2.3 Fm Las Guayabas. Mb Loma La Vega (8) Lavas, brechas y cineritas andesíticas y basálticas. Cenomaniano-Turoniano K₂

Se trata de uno de los niveles característicos englobados en la Fm Las Guayabas, al que Lebrón y Mann (1991) dieron el rango de formación en base a su afloramiento en la Loma La Vega, localizada en la Hoja de El Seibo. Es una de las lomas que destacan al norte de la carretera que une las poblaciones de El Seibo y Hato Mayor, modeladas en un nivel resistente de lavas de 625 m de espesor. Su continuación hacia el este se interrumpe en la falla de Yabón y hacia el oeste se adelgaza hasta desaparecer en la loma Los Gramasos (Hoja de Hato Mayor). Estas lomas tienen su continuidad hacia el norte, en la Hoja de Miches, también hasta el ámbito de la falla de Yabón.

En la presente Hoja, sus principales afloramientos son: la loma Ceiba de la Pocilga, donde el miembro desaparece bajo las calizas de la Fm Río Chavón; la loma de la Vaca, donde se dispone monocionalmente hacia el noreste, adelgazándose hasta desaparecer en el ámbito de Yabón; y el de la loma Los Agustinos, donde configura un sinforme muy distorsionado. Bajo el nivel principal de lavas existen otros discontinuos de menor espesor, que han sido agrupados en la presente unidad.

El Mb Loma La Vega se compone de lavas, brechas tobáceas y cineritas. La composición mineral varía de félsica a máfica: riolitas de sanidina, dacitas con fenocristales de plagioclasa (Bourdon, 1985), traquitas de feldespato alcalino (sanidina), andesitas con fenocristales de plagioclasa (Bourdon, 1985), basaltos y doleritas olivino-piroxénicos. La textura varía de fluidal en las lavas ácidas, a dolerítica en las rocas básicas. Los datos químicos disponibles indican un contenido elevado en potasio, característico de las series shoshoníticas (Bourdon, 1985).

Memoria

A diferencia de otras unidades, cuyos materiales aparecen totalmente cubiertos por la vegetación, producen numerosos asomos de pequeñas dimensiones. Su mejor corte se localiza en el basurero situado al pie de El Peñón de El Seibo, junto a la carretera El Seibo-Miches. Allí, la unidad aparece como una sucesión de flujos andesítico-basálticos de espesor métrico a decamétrico, dispuestos monoclinamente hacia el noreste y afectados por una intensa alteración de origen hidrotermal.

En las muestras estudiadas, se han distinguido dos tipos petrográficos de lavas: basaltos olivino-piroxénicos porfídicos y basaltos plagioclásicos traquíticos. Los primeros son rocas lávicas porfídicas, con fenocristales de ferromagnesianos de 1-3 mm de tamaño; la matriz es afanítica (en ocasiones vesicular) y no presenta fluidalidades claras. Los fenocristales son de plagioclasa, ortopiroxeno, clinopiroxeno (augita) y olivino; los minerales accesorios son ilmenita, magnetita y óxidos de hierro-titanio. Los fenocristales de plagioclasa son subidio a alotriomorfos, de complejo zonado oscilatorio, pudiendo formar pequeños agregados glomeroporfídicos; los restantes fenocristales son de orto y clinopiroxeno zonados, idio y subidiomorfos, con inclusiones de magnetita, olivino, plagioclasas y opacos. Se observa olivino como fenocristal y en la mesostasia, en parte reemplazado a clorita. La matriz está definida por un agregado microcristalino y criptocristalino rico en plagioclasa y opacos; en algunos sectores abunda la magnetita, que aparece como inclusiones en los piroxenos. Se aprecia la superposición de una leve alteración que origina el reemplazamiento de los ferromagnesianos a agregados de epidota, sericita, clorita y opacos; la albitización, epidotización y sericitización de las plagioclasas, y la opaquización de la mesostasia, originariamente vítrea, por oxidación de los opacos. En las facies vacuolares, éstas aparecen rellenas por clorita, calcita y zeolitas, formando agregados fibroso-radiales; la calcita reemplaza también a algunos ferromagnesianos, dejando el exceso de hierro y titanio en forma de opacos en los bordes. En la mesostasia hay agregados secundarios de sericita, clorita y opacos. Se observa también una ligera oxidación de la roca a favor de planos de fractura. Algunas facies están intensamente fracturadas e hidrotermalizadas; la brecha formada está cementada y atravesada por finas venas hidrotermales de calcita y cuarzo. El hidrotermalismo reemplaza casi completamente también a la matriz de la roca porfídica original, a un agregado de sericita, clorita, zeolitas y cuarzo.

Las facies de basaltos traquíticos con plagioclasa son rocas lávicas, de grano muy fino y textura fluidal traquítica, en ocasiones vesiculares. Está compuesta por un

Memoria

entramado de microfenoblastos de plagioclasas tabulares subidiomorfos de composición sanidina, que definen una fábrica fluidal traquítica mediante su orientación subparalela; Lebrón y Perfit (1994) citan la presencia de pseudomorfos de leucita en estas rocas. La matriz está compuesta por un agregado de sericita, clorita, óxidos de hierro-titanio y opacos, en buena parte como resultado de la desestabilización de los ferromagnesianos y la mesostasia, así como por agrupaciones de esferulitos procedentes de la desvitrificación de la pasta volcánica. Se observan algunos pseudomorfos de ferromagnesianos cloritizados; los reemplazamientos secundarios forman calcita, sericita y óxidos de hierro. Hay también rellenos zonados de vacuolas, compuestos por clorita, pumpellita, esferulitos silíceos y sericita.

Las brechas volcánicas son depósitos resedimentados sin-eruptivos, como revelan la angulosidad y poca redondez de los clastos y el estrecho rango composicional y textural. La matriz de las brechas es microcristalina, siendo el resultado de la desvitrificación de vidrio volcánico. Se observan escasos clinopiroxenos subidiomorfos, completamente cloritizados, plagioclasas sericitizadas, fragmentos de anfíbol o biotita totalmente alterada a clorita y óxidos de hierro, y opacos subidiomorfos. Probablemente son rocas piroclásticas y autobrechas de clastos juveniles poco modificados de composición intermedia-básica, variablemente resedimentadas por flujos de masas. Las tobas de vidrio volcánico son de colores pardos y verdes, estando compuestas por abundantes fragmentos de fenocristales de plagioclasas y sanidina. La matriz está compuesta por un agregado de minerales secundarios y esferulitos silíceos procedentes de la desvitrificación del vidrio, en la que se distinguen *shards*, fragmentos de clinopiroxenos y raros pseudomorfos de anfíbol. Los reemplazamientos secundarios forman clorita, calcita, sericita, epidota, cuarzo y óxidos de hierro.

Los sedimentos con fauna marina que rodean las lavas y la existencia de estructuras en almohadilla observadas en la Hoja del Seibo indican un volcanismo submarino.

2.1.2.4 Fm Las Guayabas (9) Brechas, conglomerados y tobas. Mb Hato Mayor (10) Brechas y areniscas en capas gruesas. (11) Brechas y conglomerados. Cenomaniano-Turoniano K₂

Se agrupan en el presente apartado diversas litologías cuyo rasgo común es el de su litología integrada por elementos detríticos, en general groseros, de carácter conglomerático o bréchico; otro rasgo común es su aparente disposición en los niveles

Memoria

de la Fm Las Guayabas infrayacentes al Mb Arroyo La Yabana. La deficiencia de sus afloramientos no ha permitido establecer concluyentemente su posible correlación.

Al pie de la loma de los Gatos, la carretera Miches-El Seibo pone al descubierto un nivel que produce un ligero resalte morfológico en el seno de la formación; aparece a modo de grandes bloques oscuros (unidad 9), preservados de la intensa alteración del terreno circundante. En corte fresco aparecen como rocas oscuras de carácter bréchico, cuyos cantos constituyentes, de origen ígneo y sedimentario, aparecen fuertemente cementados, dando la impresión de una roca de naturaleza volcánica. No obstante, en lámina delgada han sido clasificados como litarenitas de grano muy grueso y microconglomerados de fragmentos de rocas y cristales volcánicos. En detalle, predominan los fragmentos de rocas volcánicas (65-70%), con contenido apreciable de feldespatos potásico y fragmentos de chert (10-15%) y bajo de cuarzo, plagioclasa y fragmentos de calizas (<3%). Son abundantes los granos de piroxenos y epidota. La alta proporción de constituyentes de origen volcánico y su empaquetamiento muy denso, con contactos de granos interpenetrados, hacen que su apariencia sea volcánica en muestra de mano. Su espesor está comprendido entre 20 y 50 m. Afloramientos similares se han reconocido junto a la carretera Miches-Sabana de la Mar, en el paraje de la loma Tío Joaquín, correspondientes probablemente al flanco septentrional de la estructura antiformal a la que pertenece el afloramiento anteriormente descrito.

Dentro de esta misma unidad se han incluido diversos niveles de composición heterogénea aflorantes en el sector suroccidental, cuyo principal rasgo es que confieren destacados resaltes morfológicos a la topografía; incluyen principalmente estratos de conglomerados y tobas que no han podido ser individualizados debido a su reducido espesor, generalmente de orden métrico. Los niveles conglomeráticos, poseen cantos polimícticos subredondeados de diámetros de orden centimétrico, siendo observables en la loma de La Loreta, donde también aparecen niveles carbonatados de espesor métrico. En cuanto a las tobas, aparecen en niveles de tonos rojizos a marronáceos de aspecto másivo, aunque en detalle muestran laminación paralela; se trata de rocas de grano muy fino y composición siliciclástica, con cuarzo, feldespatos y ferromagnesianos como constituyentes esenciales.

En el sector noroccidental, en el ámbito del paraje Las Avispas, se reconocen niveles de brechas y conglomerados (unidad 10) dispuestos en niveles de orden métrico. Se

Memoria

presentan como cuerpos negruzcos por alteración, en los que destacan cantos angulosos de tamaños superiores a 2 cm. Su espesor conjunto se aproxima a 200 m, desapareciendo hacia el sureste por cambio lateral. Han sido asimilados al Mb Hato Mayor siguiendo la atribución efectuada en la Hoja de El Valle.

El tercer conjunto aparece en los sectores de Palo Seco y Jobo Dulce, en afloramientos de pequeña extensión, en los que únicamente puede señalarse su composición conglomerática a bréchica, con cantos redondeados a subangulosos de varios centímetros de diámetro, de composición volcánica y sedimentaria. No se observa ni el techo ni el muro, pero su espesor parece inferior a 50 m.

En la Hoja de Hato Mayor, el miembro del mismo nombre (unidad 10) ha sido interpretado en un contexto de corrientes turbidíticas de alta densidad en lóbulos de abanicos submarinos, ambiente que podría ser común al correspondiente a la unidad (11). Por lo que respecta a las brechas de posible origen volcánico (unidad 9), su depósito podría relacionarse con flujos relacionados con emisiones volcánicas submarinas.

No existen datos faunísticos que permitan su datación, habiéndose asignado al Cenomaniano-Turoniano por su posición estratigráfica.

2.1.2.5 Fm Las Guayabas. Mb Arroyo La Yabana (12) Radiolaritas en capas finas. Coniaciano-Santoniano K₂

Se trata del nivel guía de referencia de la Fm Las Guayabas, de la cual rompe la monotonía litológica. Aflora extensamente en las Hojas de Las Lisas y Rincón Chavón, así como en el sector oriental de las de Miches y El Seibo. Aparece en el relieve a modo de crestas alargadas que permiten reconstruir la geometría de la zona, permitiendo además la subdivisión de la Fm Las Guayabas en dos tramos: el inferior, con constituyentes en los que se observa una elevada participación de elementos volcánicos (Fm Las Guayabas *sensu stricto*) y el superior, con una mayor participación de constituyentes sedimentarios (Mb Las Auyamas), siendo la máxima expresión de este hecho la aparición de los niveles de calizas de la Fm Río Chavón, que constituyen un cambio lateral de facies.

La localidad tipo propuesta por Lebrón y Mann (1991) para la definición de este conjunto de radiolaritas como miembro de la Fm Las Guayabas es el Arroyo La

Memoria

Yabana, en la Hoja de Rincón Chavón. Si bien en su definición original incluye tobas y horizontes de sílex, en este trabajo se propone usar el término Mb Arroyo La Yabana únicamente para el horizonte de sílex, que es un nivel guía de litología homogénea y límites precisos. Su espesor varía entre 425 m en la Hoja de Rincón Chavón, a 50 m en la de Miches, siendo más frecuente un espesor de 200 metros.

Su mejor corte en la Hoja se localiza en las proximidades del paraje El Once, en la carretera de Miches-El Seibo, donde aparece como una sucesión rítmica de niveles centi a decimétricos de radiolaritas oscuras. Consiste en capas laminadas de sílex de espesor centimétrico separadas por interbancos de limos con abundantes Radiolarios, generalmente recristalizados. De coloración gris oscura en sección fresca, adoptan coloraciones blanquecinas y pardas cuando están alteradas. Al microscopio aparecen como rocas silíceas constituidas por un mosaico de cristales de cuarzo micro a criptocristalino atravesados por vetas de cuarzo microcristalino, con abundantes tinciones por óxidos de hierro y pequeñas concentraciones de micas.

Basándose en una asociación de Radiolarios, Bourdon (1985) atribuyó este horizonte al Coniaciano. Sin embargo en las escalas biostratigráficas actuales se detecta una incoherencia en el diagnóstico porque coexisten formas del Albo-cenomaniano, del Coniaciano Superior-Santoniano y del Campaniano. Posiblemente, las formas del Coniaciano Superior-Santoniano representan la edad de la unidad, criterio que se ha seguido en el presente trabajo.

Además de los niveles descritos en el sector suroccidental, se han diferenciado niveles de radiolaritas semejantes, pero cuya desconexión con aquéllos no permite establecer la certeza de su correlación. Debido a su semejanza litológica se han agrupado en la misma unidad, pero no debe descartarse que sean ligeramente más antiguos, en cuyo caso se enmarcarían en el Turoniano.

Se interpretan como un depósito hemipelágico que cubriría la topografía de los abanicos submarinos previos. Su gran extensión areal y su continuidad indican el cese temporal de los aportes detríticos del área fuente volcánica a la cuenca.

2.1.2.6 Fm Las Guayabas. Mb Las Auyamas (13) Areniscas y lutitas carbonatadas con intercalaciones de calizas. Senoniano K₂

Constituye el tramo de la Fm Las Guayabas suprayacente al Mb Arroyo La Yabana, caracterizado por una menor participación de elementos de origen ígneo, tanto intercalaciones volcánicas como elementos integrantes de los cuerpos detríticos. Su definición formal se propone en este trabajo, situándose la localidad tipo en la Hoja de Rincón Chavón. Su base es un contacto neto que superpone lutitas y areniscas sobre las radiolaritas del Mb Arroyo La Yabana, en tanto que el techo es transicional a la Fm Río Chavón, a la cual también cambia lateralmente, y se localiza bajo los primeros niveles de calcarenitas y micritas laminadas, que forman una sucesión continua. Aflora exclusivamente al este del meridiano de Hato Mayor, con un espesor que varía entre 300 m en su localidad tipo a 700 m al sur de El Seibo. Más comúnmente el espesor se aproxima a 500 metros, valor aproximado al que muestra en la Hoja de Miches, dentro de la cual aparece exclusivamente en su sector oriental.

El Mb Las Auyamas consiste en una sucesión monótona de capas delgadas de lutita-arenisca lítica volcánica con laminación paralela y de biomicritas, con esporádicas intercalaciones de grauvacas gruesas masivas. Poseen coloración oscura en estado fresco que cambia a pardo-marrón por alteración.

En el ámbito de la Hoja no se han hallado restos fosilíferos que permitan su datación, que en cualquier caso queda acotada a muro por la asignación al Coniaciano del Mb Arroyo La Yabana; por otra parte, en las Hojas de Rincón Chavón y Las Lisas ha sido asignada al Senoniano por criterios estratigráficos, atribución seguida en la presente Hoja.

El contenido de Radiolarios y Foraminíferos planctónicos de la Hoja de Rincón Chavón, aunque generalmente mal preservado, indica un ambiente deposicional de mar abierto relativamente profundo, similar al invocado para la Fm Las Guayabas, donde coexiste un aporte de material piroclástico por suspensión y flotación y un aporte por corrientes turbidíticas que resedimentan el material volcánico, que en el caso particular del Mb Las Auyamas, arrastran granos de carbonato intracuencales.

2.1.2.7 Fm Río Chavón (14) Calizas y calizas margosas. Senoniano K₂

Se trata de otro de los conjuntos característicos del Cretácico Superior de la zona, resultando especialmente llamativo por su naturaleza calcárea ante la abundancia de elementos detríticos y volcano-sedimentarios de la Fm Las Guayabas. La localidad tipo propuesta por Lebrón y Mann (1991) es la loma El Peñón, en la Hoja de Rincón Chavón. Existe una cierta confusión entre esta localidad y la posición del corte original de Bourdon (1985) situado en el cauce del Río Chavón.

En la Hoja de Miches aflora en tres zonas en las que ofrece ciertas peculiaridades. Por una parte, en el sector suroriental configura sinclinales apretados que dan lugar a resaltes en el relieve. Su base allí es un contacto transicional que superpone series continuas de calcarenitas y micritas sobre las lutitas y areniscas con granos de carbonato del Mb Las Auyamas; aparecen como una sucesión rítmica y monótona de niveles tableados de espesor de orden decimétrico y tonos oscuros, con una potencia cercana a 200 m. Su techo ha sido erosionado.

En el paraje de El Grumo, al oeste de Pedro Sánchez, predominan las calizas grises agrupadas en bancos de espesor métrico afectadas por una intensa karstificación que dificulta el establecimiento de su geometría. Se apoyan sobre términos detríticos y volcano-sedimentarios de la Fm Las Guayabas y se disponen bajo los niveles conglomeráticos de la Fm Don Juan.

En cuanto al afloramiento de Yabón, como excepción, la Fm Río Chavón yace próxima al Mb Loma La Vega, constituyendo un afloramiento de difícil explicación porque implica la omisión de más de 3.000 m de serie estratigráfica; una posibilidad es que se trate de una discordancia local producida por la elevación durante el Senoniano del bloque suroccidental de la falla de Yabón. Se trata de calizas ocres a grises agrupadas en niveles decimétricos a métricos, cuyo techo está constituido por la Fm Don Juan, siendo el espesor de la unidad inferior al centenar de metros.

En el corte de Yabón, los estudios de lámina delgada han indicado el predominio de calizas bioclásticas peletoidales con evidencias de bioturbación y vetas y huecos rellenos de esparita. Los ortoquímicos representan el 30-40% de la muestra, con predominio de micrita (25-35%) sobre esparita (0-10%); en cuanto a los aloquímicos, integran el 60-70% del total, predominando los fósiles (55-60% de ellos) sobre los

Memoria

pelets (40-45%). Se clasifican como *packstones* de bioclastos y peloides, interpretándose su depósito en una plataforma protegida.

En el sector suroriental, algunas capas presentan bases incididas, granoclasificación, laminación paralela y *ripples*. La estratificación rítmica y el porcentaje muy bajo de lutita son característicos de turbiditas proximales depositadas al pie del talud. La fauna somera encontrada en los cantos de brechas en la Hoja de Rincón Chavón indica que provienen de la destrucción de una plataforma arrecifal, situada tal vez al sur.

La fauna hallada no ha permitido precisiones acerca de la edad de la unidad. No obstante, Bourdon (1985), cita la presencia de *Globo truncana cf. angusticarinata*, *G. cf. lapparenti* y *G. cf. sigali* en la base del corte de Yabón, asociación que señala el Senoniano Inferior; igualmente, a techo señala la asociación de Hedbergellas, Gumbelinas y *Globo truncana cf. arca*, que marca al Senoniano Superior, razón por la que la presente unidad ha sido asignada el Senoniano, si bien en el sector suroriental, su base queda acotada por la atribución al Coniaciano del Mb Arroyo La Yabana.

2.1.3. Rocas intrusivas

Están mínimamente representadas por dos conjuntos sensiblemente diferentes: serpentinitas (unidad 1) y rocas diabásicas (unidad 2), cuyas edades de emplazamiento permanecen algo imprecisas, siendo el intervalo Maastrichtiano-Eoceno el periodo más probable para su intrusión.

2.1.3.1 Serpentinitas (1)

Son rocas ígneas foliadas de color verde oscuro en corte fresco y de tonos violáceos en alteración, de composición ultrabásica; aparecen de forma aislada entre las series sedimentarias de la cordillera Oriental (Blesch, 1966; Bowin, 1975), habiéndose referido a ellas Bourdon (1985) como series caóticas con matriz serpentinizada. Su afloramiento más extenso se halla en la ladera suroccidental de la loma el Peñón, al norte de los pueblos de Bejucal y Bejucalito, en la Hoja de Rincón Chavón. El resto de los afloramientos son de pequeñas dimensiones y aparentemente discontinuos, localizándose el más noroccidental junto a la aldea de Los Botados, en el extremo suroriental de la Hoja de Miches, en la traza de una falla de dirección NO-SE, paralela a la falla de Yabón.

Memoria

Bourdon (1985) interpretó la unidad de serpentinita como un cuerpo sedimentario estratiforme, de carácter olistostrómico, incluido en una escama cabalgante proveniente del norte; no obstante, la hipótesis más probable es que se trate de intrusiones que se prolongan verticalmente hacia el subsuelo, como evidencia la señal intensa que producen en el mapa geomagnético incluso los cuerpos de menores dimensiones. En el afloramiento de Los Botados, se encuentran parcialmente ocultas por depósitos cuaternarios, si bien su roca encajante parecen las areniscas de la Fm Las Guayabas (unidad 6); no obstante, en la Hoja de Rincón Chavón, el encajante puede estar constituido por calizas y areniscas con edades comprendidas entre el Cretácico Superior y el Eoceno Superior-Oligoceno. En general, el ascenso a la superficie de la serpentinita parece asociado a la actividad tectónica post-eocena, si bien en la loma El Peñón y en el pequeño afloramiento situado en la pista que comunica los pueblos de Jobo Largo y Rincón Chavón, en la Hoja de este mismo nombre, son los únicos lugares donde el Maastrichtiano-Eoceno Inferior cubre de forma discordante a la intrusión.

También hay datos contradictorios sobre la organización interna de las litologías agrupadas en este conjunto de rocas ultrabásicas y serpentinitas derivadas. Bourdon (1985) reconoce una matriz foliada serpentinitica que engloba bloques de peridotitas con piroxeno, peridotitas con espinela, gabros con prehnita y anfíbol secundario, jaspes, tufitas silíceas y calizas pelágicas. No obstante, la cartografía de la Hoja de Rincón Chavón realizada durante el presente proyecto, cuestiona la existencia de calizas englobadas por serpentinita foliada, ya que el supuesto olistolito de calizas eocenas citado por Bourdon entre el arroyo del Mar y el río Chavón, se halla fuera del cuerpo de serpentinita.

En cuanto a la textura y composición petrográfica de los cuerpos ultrabásicos menos transformados a serpentinitas, se observan rocas peridotíticas de tonos pardos y violáceos, generalmente poco foliadas, de textura holocristalina, granuda de grano medio a grueso, fanerítica e inequigranular. Aunque al microscopio la textura ígnea del protolito se conserva en algunas zonas, su mineralogía ha sido completamente reemplazada a un agregado de minerales del grupo de la serpentinita. En las muestras analizadas se distinguen serpentinitas de dos tipos texturales: granudas y foliadas. Las primeras están formadas por agregados milimétricos fracturados, pseudomorfos de

Memoria

olivino y piroxenos; las segundas están constituidas por un agregado foliado de menor cristalinidad, consecuencia de la orientación subparalela de las fibras de serpentinitas. En algún caso se han conservado hiladas de espinela y posiblemente cromita, que definen una fábrica planar, aunque están bastante reemplazadas y alteradas a óxidos pardos de hierro y titanio. En ambos tipos, el agregado mineral se observa muy fracturado, con recristalización de minerales opacos, también secundarios, en las grietas.

Corresponden a peridotitas procedentes de un manto empobrecido por extracción de fundidos basálticos, afectadas por un metamorfismo regional de grado bajo a muy bajo, dentro de las facies de los esquistos verdes. Draper y Nagle (1991) y Pindell y Draper (1991) han propuesto en la cordillera Septentrional un mecanismo de emplazamiento de la serpentinita como intrusiones frías tectónicas (protrusiones) que arrastran a la superficie bloques exóticos y cuando alcanzan el fondo submarino se erosionan formando brechas. Este modelo parece aplicable en términos generales al presente conjunto serpentinitico, posiblemente asociado a la actividad de la falla de Yabón y su cortejo asociado. La edad más temprana en que la serpentinita alcanza la superficie es el Maastrichtiano-Eoceno Inferior, aunque la edad de formación de la peridotita en el dominio oceánico atlántico se considera mucho más antigua, posiblemente dentro del Cretácico Inferior (Nagle, 1979).

2.1.3.2 Diabasas (2)

Afloran exclusivamente en el valle del río Mojica, donde en buena parte se encuentran recubiertas por los depósitos aluviales del paraje de La Llanada. Se trata de un afloramiento muy deficiente en el que sólo es posible realizar observaciones relativas a la composición de la roca, si bien la geometría deducida de su cartografía sugiere su carácter intrusivo con relación a la Fm Las Guayabas encajante. Aparecen como rocas oscuras con disyunción en bolos.

Al microscopio aparecen como rocas subvolcánicas porfídicas de composición basáltica, con textura subofítica, de mesostasia cristalina bastante fresca. Los fenocristales son de ortopiroxeno, clinopiroxeno, olivino y feldespatos: los ortopiroxenos forman cristales idiomorfos zonados, con maclas e inclusiones de olivinos y plagioclasas alterados y opacos; el clinopiroxeno es de composición augítica

Memoria

y muestra colores de interferencia vivos; el olivino aparece en grandes cristales (aunque de menor tamaño que los piroxenos) y de forma escasa en la mesostasia, estando reemplazado a agregados de serpentinita verde pseudomórfica, en cristales idiomorfos, conservándose algún grano fresco formando típicos granos de seis caras; la plagioclasa forma prismas tabulares maclados de composición labradorita, con zonado y bordes más albíticos, y agregados de pequeños cristales tabulares en la mesostasia, intercrecidos junto a los opacos, pudiendo haber feldespatos alcalinos. Los opacos son principalmente magnetita e ilmenita. En cuanto a las principales alteraciones, son la serpentización del olivino, la sericitización de las plagioclasas, la cloritización de los ferromagnesianos y la oxidación de la magnetita y los opacos.

La roca está completamente cristalizada en fenocristales y matriz, indicando un emplazamiento subvolcánico del magma basáltico, que podría ser de transicional a alcalino. Poco puede decirse de su edad, siendo el único criterio para su establecimiento, el hecho de su encajamiento en la Fm Las Guayabas. No obstante, intrusiones semejantes en la Hoja de Rincón Chavón han señalado su afinidad geoquímica con las rocas volcánicas del Mb Loma La Vega, en cuyo caso su edad estaría comprendida entre el Cenomaniano y el Coniaciano.

2.2. Cenozoico

Como consecuencia de las deformaciones acaecidas a 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 Miches pueden distinguirse dos conjuntos principales dentro de la serie cenozoica:

- Materiales paleógenos, localizados en el sector suroccidental y dispuestos a modo de retazos ligeramente deformados entre los afloramientos de rocas cretácicas.
- Materiales cuaternarios, dispuestos a modo de tapiz sobre cualquiera de los conjuntos anteriores y ampliamente representados en la llanura costera y en los principales valles.

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 litostratigráfica se distinguen tres unidades principales:

- Unidad inferior de conglomerados. Corresponde a la facies de conglomerados rojizos definida por Bowin (1966) en el pueblo de Don Juan, siendo la unidad más ubicua de las tres y también 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 consideran 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 Miches se han reconocido los tres tramos: Fm Don Juan (unidad 15), Fm Yabón (unidad 17) y unidad detrítica superior (unidad 18); además, se ha reconocido

Memoria

un conjunto margoso (unidad 16) que parece disponerse entre las dos primeras, si bien sus características le acercan más a la unidad calcárea que a la conglomerática.

2.2.1.1 Fm Don Juan (15) Conglomerados 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 ella, 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 y Draper, 2000; Hernaiz 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 Miches, los conglomerados constituyen la única litología de la Fm Don Juan, que presenta una serie de pequeños afloramientos próximos a la falla de Yabón concentrados al oeste de Pedro Sánchez y en el sinclinal del río Yabón. No se ha observado corte alguno que permita una descripción detallada de la unidad, pudiendo realizarse sus mejores observaciones al norte de Yabón, donde muestra sus típicas tonalidades rojizas, que constituyen el mejor criterio para su correlación.

Memoria

La Fm Don Juan se apoya discordantemente sobre las calizas de la Fm Río Chavón (unidad 14). Los cantos, de carácter polimíctico, están bien redondeados, mostrando tamaños que varían desde algunos milímetros hasta más de 20 cm, si bien sus diámetros más frecuentes oscilan entre 5 y 10 cm. Entre sus constituyente puede observarse cualquiera de los integrantes de la serie cretácica en la zona: rocas volcánicas, volcano-sedimentarias, areniscas y calizas. El techo no es directamente observable, estando marcado por la aparición de un conjunto de margas con intercalaciones de areniscas (unidad 16) en los afloramientos de Pedro Sánchez y por las calizas masivas de la Fm Río Yabón (unidad 17) en los afloramientos de dicho río. Su espesor se estima 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 instalado 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 (Butterlin; en Bourdon, 1985) permite acotar la edad de su base; por otra, la presencia de fauna del Eoceno Medio en las calizas de la Fm Río Yabón 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.

2.2.1.2 Margas con intercalaciones de areniscas (16). Eoceno Inferior-Medio P₂¹⁻²

Sus afloramientos se restringen a las mismas áreas que la unidad anterior, si bien sus dimensiones sólo han permitido su diferenciación al oeste de Majagua. Se trata de una sucesión margosa con intercalaciones areniscosas de orden decimétrico dispuestas de forma rítmica. No presenta afloramientos de calidad, dando lugar a terrenos de tonos amarillentos en los que sólo ocasionalmente se encuentran asomos en los que efectuar observaciones de cierto detalle.

Se apoya indistintamente sobre las calizas de la Fm Río Chavón (unidad 14) o sobre los conglomerados de la Fm Don Juan (unidad 15), en aparente discordancia en el primer caso y en concordancia en el segundo, aunque no se ha observado su contacto

Memoria

en ningún punto. Se trata de una monótona sucesión de margas grises, amarillentas por alteración, entre las que se intercalan niveles de areniscas de tonos ocres y espesor decimétrico. Con frecuencia, las margas muestran aspecto esquistosado e incluyen esporádicos granos de cuarzo. En cuanto a los niveles de areniscas, presentan bases netas y laminación paralela. Tampoco se ha observado el contacto con las calizas masivas de la suprayacente Fm Río Yabón, pero en cualquier caso, la presente unidad posee un espesor muy irregular, con valores máximos cercanos a 100 m.

La calidad de los afloramientos no permite precisión alguna sobre el ambiente deposicional de la unidad, aunque parece corresponder a un episodio marino somero con influencias turbidíticas.

Poseen un escaso contenido fosilífero, dentro del que destaca la presencia de *Globigerina sp.*, *Turborotalia sp.*, *Bulimina sp.*, *Gyroidina sp.*, *Rotalia sp.* y *Cibicides sp.*, asociación que marca el intervalo Paleoceno-Eoceno. No obstante, la asignación de la Fm Don Juan al Eoceno Inferior y de la Fm Río Yabón al Eoceno Medio-Superior, restringe la edad de la presente unidad al tránsito Eoceno Inferior-Medio.

2.2.1.3 Fm Río Yabón (17). Calizas masivas. Eoceno Medio-Superior P₂²⁻³

Su principal y más característico afloramiento se localiza al este de la localidad de Yabón, estando constituido por calizas bioclásticas masivas, ya descritas por Bourdon (1985), si bien su denominación como formación es debida a Lebrón y Mann (1991). Por lo que respecta al afloramiento de La Tortona, de menores dimensiones, muestra variaciones litológicas, estando integrado por calizas margosas. Además de éstos, se han reconocido otros asomos de calizas bioclásticas entre los niveles de terrazas del río Yabón, si bien sus dimensiones han imposibilitado su diferenciación cartográfica.

No existen afloramientos que permitan una descripción de cierto detalle, siendo necesario para ello recurrir a observaciones puntuales. En Yabón aparecen como calizas cuyo carácter masivo junto con su intensa karstificación hacen extremadamente difícil reconocer su estratificación. El aspecto de sus afloramientos muestra grandes similitudes con los de la Fm Hatillo y con algunos de la Fm Río Chavón, siendo necesario recurrir a criterios estratigráficos o a su contenido fosilífero para su diferenciación. Su base no es visible, si bien se apoyan indistintamente sobre cualquiera de las tres unidades descritas anteriormente, discordantemente en el caso

de la Fm Río Chavón. En cuanto al techo, tampoco es visible por estar cubierto o erosionado, lo que impide precisar su espesor, estimándose un valor cercano al centenar de metros.

En el caso del afloramiento de La Tortona, sus condiciones de afloramiento son más deficientes aún, reconociéndose tan sólo pequeños asomos de calizas margosas, sin que se observe su relación con las unidades circundantes. En cualquier caso, incluyen una asociación de Radiolarios, Globigerínidos (*Globigerina sp.*, *Acarinina sp.*), Rotálidos, Lamelibranquios y espículas, asignada al Eoceno.

Al microscopio aparecen como calizas bioclásticas con recristalización moderada, en ocasiones con grandes coralaris que representan construcciones arrecifales. El contenido micrítico varía entre 35-50 %, siendo inferior en todos los casos al de aloquímicos (50-65%); en ocasiones se observa esparita en proporción inferior al 3%. Entre los componentes texturales destaca la proporción de fósiles (74-95%) sobre la de pelets (5-26%).

No se han observado rasgos sedimentarios que permitan una descripción del ambiente deposicional, pero sus características texturales y su contenido fosilífero sugieren su depósito en un contexto de plataforma interna con desarrollo de construcciones arrecifales.

De entre su elevado contenido fosilífero destaca la presencia de *Pseudophragmina sp.* y *Nummulites cf. striatoreticulatus* que indican su pertenencia al Eoceno Medio alto-Eoceno Superior. Igualmente la asignación de diversas asociaciones al Eoceno Medio (Bourdon, 1985), hacen que la unidad se enmarque en el Eoceno Medio-Superior, sin que deba descartarse que sus términos basales pertenezcan al Eoceno Inferior.

2.2.1.4 Conglomerados (18). Eoceno Superior P₃

Se encuentran exclusivamente al noroeste de Limoncillo, en un afloramiento limitado por fallas y parcialmente recubierto por los depósitos cuaternarios asociados al río Yabón, lo que impide establecer sus relaciones con las restantes unidades de la zona. Además, sus condiciones de observación son especialmente deficientes, pudiendo señalarse únicamente la existencia de conglomerados polimícticos de tonos oscuros.

Memoria

No obstante, Bourdon (1985) describe un corte en el paraje de Palma Conga en el que sobre un retazo de las calizas de la Fm Río Yabón, se dispone discordantemente un tramo de conglomerados de unos 30 m de espesor. Los cantos son redondeados y en ellos se observan elementos volcano-sedimentarios y calcáreos; la presencia en éstos de asociaciones faunísticas del Eoceno Superior (*Lepidocyclina chaperi*, *Nummulites floridensis*, *Pseudophragmina flintensis*, *Fabiana cassis*, *Amphistegina sp.* y *Melobesias*) ha hecho que la unidad se asigne al Eoceno Superior, sin que deba descartarse que al menos parcialmente pertenezca al Oligoceno.

En la Hoja de Rincón Chavón, materiales correlacionables con la presente unidad han sido interpretados como flujos densos submarinos en masa.

2.2.2. Cuaternario

Los depósitos cuaternarios aparecen muy desigualmente repartidos, pues constituyen la práctica totalidad de la superficie de la Llanura Costera de Sabana de la Mar y Miches, así como la de los principales valles, escaseando en las vertientes de la cordillera. Aunque los de origen fluvial se encuentran ampliamente distribuidos, los marinos-litorales son los más característicos; junto a ellos, se han reconocido sedimentos de origen gravitacional, lacustre, eólico y kárstico.

2.2.2.1 Terrazas (19). Gravas y arenas. Pleistoceno-Holoceno Q₁₋₄

Sus principales representantes aparecen asociados a los cursos fluviales más relevantes, destacando por su extensión los sistemas de los ríos Seibo, Magua y La Yeguada y el del arroyo Arroyón. En ningún caso se han reconocido escalonamientos de más de dos niveles encajados, ambos con cotas menores de +20 m sobre el cauce actual, por lo que se han considerado de modo informal terrazas bajas. Probablemente, la ausencia de niveles superiores en la llanura costera, sea la consecuencia del bajo potencial de encajamiento debido a la escasa diferencia altimétrica con respecto al nivel de base, constituido por el océano Atlántico; en el caso de la cordillera, la ausencia de niveles superiores se debe probablemente a su total desmantelamiento por la acción conjunta de los procesos fluviales y gravitacionales.

Memoria

Están constituidas por gravas polimícticas, con predominio de cantos de origen sedimentario y volcano-sedimentario 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, sin que deba descartarse que puedan pertenecer al Pleistoceno, al menos en algunos casos.

2.2.2.2 Conos de deyección y abanicos aluviales (20, 32). Lutitas, gravas y arenas. Pleistoceno-Holoceno Q₁₋₄

Poseen una notable representación en los principales valles, habiéndose reconocido dos sistemas principales. Su depósito se produce en la confluencia de ríos y arroyos con valles de mayor entidad, en los cuales la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose; cuando los ápices se encuentran próximos entre sí, se produce coalescencia. No son de grandes dimensiones, al menos al ser comparados con otros de la región, alcanzando longitudes de hasta 2 km con respecto al ápice, como en el valle del río Seibo, sensiblemente inferiores también a las de los abanicos de baja pendiente, probablemente como consecuencia de la menor densidad de carga en el caso de estos últimos.

El sistema más antiguo (unidad 20) engloba probablemente diversas generaciones imposibles de correlacionar debido a la desconexión de la mayoría de los abanicos, caracterizándose por mostrar un retoque erosivo que, aunque variable de unos cuerpos a otros, indica que ya no son funcionales; se encuentran ampliamente distribuidos, al igual que el sistema más moderno (unidad 32), que 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 varía en función del área madre, aunque predominan los términos lutíticos rojizos, como consecuencia del desarrollo alcanzado por las alteraciones lateríticas en la cordillera. Su espesor puede llegar a 20 m. Los de la generación antigua están afectados por una notable disección de la red fluvial, que indica su carácter relicto, a diferencia de los modernos, de carácter funcional. No hay duda de

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

2.2.2.3 Deslizamientos (21). Lutitas, cantos y bloques. Pleistoceno-Holoceno Q₄

Son habituales en la zona montañosa, en respuesta a sus elevadas pendientes y precipitaciones, además de la abundancia de materiales arcillosos (generados por alteración del sustrato cretácico) y de la frecuencia de eventos sísmicos; sin embargo, son escasos los ejemplares cartografiados observados debido a la efectividad de los procesos de arroyada, a la elevada velocidad de meteorización y al rápido crecimiento de la vegetación, que hacen que sus cicatrices queden rápidamente enmascaradas, dificultando extraordinariamente su reconocimiento. La mayor parte de ellos poseen carácter puntual, observándose algunos ejemplares a lo largo del descenso a Miches por la carretera procedente de El Seibo.

Los únicos deslizamientos cartografiados se localizan al oeste y al sur de Magua, estando constituidos por un conjunto de aspecto desordenado de arcillas que engloban cantos y bloques derivados de las formaciones Los Ranchos y Las Guayabas; se trata de masas de orden hectométrico, que no parecen haber perdido su estructura interna, habiéndose desplazado como masas únicas. Debido a la propia naturaleza del depósito, su espesor varía según las zonas, llegando a superar 100 m en algunos puntos. Por lo que respecta a su edad, generalmente su relación con el relieve actual sugiere su pertenencia al Holoceno, pero en el caso de los deslizamientos citados, podrían haberse generado también durante el Pleistoceno.

2.2.2.4 Abanicos aluviales de baja pendiente (22). Lutitas, arenas y gravas. Pleistoceno-Holoceno Q₁₋₄

Partiendo al pie de la cordillera, se extienden por la Llanura Costera de Sabana de la Mar y Miches, de la cual constituyen buena parte de sus afloramientos, descendiendo generalmente desde cotas de unos 40 m hasta las proximidades del nivel del mar. La red los ha incidido sólo levemente, probablemente indicando su génesis reciente, relacionada con las últimas etapas de inestabilidad de la cordillera.

Están constituidos por gravas polimícticas y arenas, en una matriz lutítica roja; con frecuencia ésta llega a ser el constituyente principal debido a su alimentación a partir de los mantos de alteración de los materiales cretácicos de la cordillera, sin olvidar que

Memoria

su composición original puede estar enmascarada por los procesos de argilización sufridos por ellos mismos. La ausencia de cortes de detalle y la intensa alteración regional, que con frecuencia dificulta su separación del sustrato, impiden precisar su espesor, que en cualquier caso varía tanto en función del paleorrelieve infrayacente como de la propia geometría del depósito, aunque pueden señalarse valores orientativos de 2-10 m.

Debido a su ligero retoque erosivo, producido exclusivamente por la incisión fluvial, se enmarcan en el Holoceno. No obstante, no debe descartarse su génesis durante el Pleistoceno, lo que indicaría una cierta estabilidad de la zona en las épocas recientes.

2.2.2.5 Fondos de valle (23). Gravas, arenas y arcillas. Holoceno Q₄

Los fondos de valle son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual. En general, se trata de formas estrechas, especialmente en el ámbito de la sierra, coincidentes con el canal de estiaje. Los más destacados se asocian con los cursos principales, destacando los ríos Yabón, El Seibo, Jovero, La Yeguada y Magua.

Están constituidos por gravas y arenas de composición ígnea y volcano-sedimentaria principalmente, al nutrirse de materiales cretácicos de la sierra; puntualmente pueden presentar un predominio lutítico por transitar por zonas fuertemente alteradas. Las gravas contienen cantos redondeados de 10-20 cm y en ocasiones pueden sobrepasar los 50 cm. Aunque no existen cortes que permitan determinar su espesor, sin duda éste puede variar notablemente en función del curso en cuestión, si bien en los de mayor envergadura podría alcanzar 5 m. Por su actividad actual se asignan al Holoceno.

2.2.2.6 Aluvial-coluval (24). Arcillas y cantos. Holoceno Q₄

Aparecen exclusivamente en el valle del arroyo Culebrín y en Limoncillo. Son depósitos de escasa representación en los que no resulta posible separar las porciones de origen fluvial y gravitacional. No existe corte alguno que permita su descripción detallada, apareciendo como depósitos poco estructurados en los que predominan las lutitas, procedentes de los mantos de alteración, entre las que se intercalan niveles de espesor decimétrico de arenas y gravas. Su espesor no debe superar los 5 m. Por su estado de conservación se han asignado al Holoceno.

2.2.2.7 Playas (25). Arenas. Holoceno Q₄

Se localizan en el ámbito de Miches, siendo la más relevante la que se localiza entre la citada localidad y punta Hicaco, de más de 4 km de longitud; no obstante, se trata de playas estrechas, con una anchura de orden decamétrico e incluso inferior.

Están constituidas por arenas blanquecinas de tamaños de grano medio. Por su relación con la dinámica actual se asignan al Holoceno.

2.2.2.8 Mantos eólicos (26). Arenas. Holoceno Q₄

Afloran exclusivamente en el sector de Cocoloco, donde constituyen una acumulación arenosa informe de varios kilómetros cuadrados, colonizada por cocos. No debe descartarse que se trate de un cordón litoral degradado, como parece deducirse en la vecina Hoja de Las Lisas.

Se trata de arenas medias y finas, de tonos predominantemente claros debido al contenido cuarzo-feldespático. Su geometría hace que su espesor sea muy variable entre algunos centímetros y 2 m. Aunque se encuentran parcialmente fijadas por la vegetación, gozan de cierta movilidad, por lo que se asignan al Holoceno.

2.2.2.9 Áreas pantanosas (27). Lutitas. Holoceno Q₄

Aparecen en la franja litoral, con un desarrollo máximo en las ciénagas de La Jina, con 2 km de eje mayor, y Las Cañitas, de envergadura semejante a la anterior. Se trata del depósito de áreas de tendencias endorreicas, integrado por lutitas oscuras, con un cierto contenido vegetal, cuyo espesor no ha sido determinado, aunque probablemente se acerque a 2-3 m. Por su relación con la dinámica actual se enmarcan en el Holoceno.

2.2.2.10 Marismas altas (28). Marismas bajas (29). Lutitas y arenas. Holoceno Q₄

Son zonas afectadas por las mareas: diarias, en el caso de las marismas bajas, coincidentes con el manglar; y excepcionales, en el caso de las marismas altas; ocupan la práctica totalidad del litoral al oeste de punta Medina, pero no se ha encontrado afloramiento alguno que permita una descripción detallada. Tan sólo puede constatar su composición lutítico-arenosa, si bien en el caso de la marisma baja su rasgo más característico es su colonización por el manglar. Su espesor se

Memoria

sitúa dentro de valores métricos. Se trata de depósitos actuales por lo que se incluyen en el Holoceno.

2.2.2.11 Flechas litorales (30). Arenas. Holoceno Q₄

La flecha de La Jina constituye la forma litoral más característica de la Hoja. Posee una longitud cercana a 5 km y una típica punta en forma de gancho debido a la acción de las corrientes litorales.

Una vez más, se trata de depósitos sin exposiciones de calidad, a lo que hay que añadir en este caso, su difícil accesibilidad al tratarse de una zona colonizada por el manglar. Está compuesta por arenas y cantos, cuyo espesor no llega a los 5 m. Se enmarcan en el Holoceno por su carácter actual.

2.2.2.12 Fondos de dolina (31). Arcillas de descalcificación. Pleistoceno-Holoceno Q₁₋₄

Constituyen los únicos depósitos kársticos, aflorando exclusivamente en el paraje de El Grumo. Se asocian con dolinas groseramente redondeadas o elipsoidales producidas a expensas de las calizas de la Fm Río Chavón.

Su depósito corresponde a arcillas rojas de aspecto masivo, producto de la descalcificación de los materiales calcáreos por acción de procesos kársticos. Su espesor debe variar considerablemente, en función de la envergadura de los procesos de disolución, pudiendo superar los 3 m. Por sus dimensiones modestas, al menos al ser comparadas con otras dolinas de la región, se asignan al Cuaternario, sin que se descarte que el proceso de disolución se iniciase con la emersión de la cordillera, probablemente en el Neógeno.

2.2.2.13 Coluviones (33). Cantos, arcillas y arenas. Holoceno Q₄

Son depósitos poco extendidos formados como consecuencia del desequilibrio provocado en las laderas por la erosión fluvial y la dinámica neotectónica; los más extensos se localizan en el sector meridional.

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

Memoria

constitución del área madre. Su potencia y características internas también son variables, no pudiendo precisarse aquella por ausencia de cortes de detalle, aunque se deducen potencias de orden métrico. En cuanto a su edad, se asignan al Holoceno.

3. PETROLOGÍA

3.1. Descripción petrológica y petrográfica

3.1.1. Formación Los Ranchos

Durante la realización del presente Proyecto, se han encontrado dificultades para extrapolar la subdivisión litoestratigráfica de la Fm Los Ranchos propuesta por Kesler *et al.* (1991) para los afloramientos de buena parte de la cordillera Oriental, tal como observó Nelson (2000). Dicha formación ha sido reconocida y cartografiada en las Hojas de Sabana Grande de Boyá, Monte Plata, Antón Sánchez, Bayaguana, El Valle, Hato Mayor del Rey y Miches. De forma general, se han podido definir tres unidades informales dentro de la formación: un miembro inferior, reconocido principalmente en las Hojas de Sabana Grande y de El Valle, compuesto por brechas volcanoclásticas poligénicas e intercalaciones de flujos lávicos y andesíticos, así como de horizontes volcanoclásticos finos, bien estratificados; un miembro intermedio, bien individualizado en las Hojas de Sabana Grande, Bayaguana, Antón Sánchez y, en menor medida, en las de Hato Mayor y El Valle, que está compuesto por lavas dacíticas y riódacíticas, con rocas piroclásticas y epiclásticas relacionadas; y un miembro superior, bien definido en las Hojas de Bayaguana, Hato Mayor y El Valle, en este último caso discordante bajo la Fm Hatillo, compuesto por rocas volcanoclásticas andesíticas, principalmente brechas y aglomerados monogénicos, y flujos masivos de andesitas y de basaltos porfídicos. Probablemente es a este miembro superior al que pertenecen las rocas de la Fm Los Ranchos aflorantes en la Hoja de Miches.

3.1.2. Formación Las Guayabas

Por encima de la Fm Hatillo (Aptiano-Albiano) se pasa gradacionalmente a rocas sedimentarias volcanogénicas (conglomerados de clastos volcánicos y sedimentarios) y a la Fm Las Guayabas, constituida esencialmente por tobas y rocas epiclásticas (Lebron y Perfit, 1994). En la parte inferior de la formación se distingue una intercalación de flujos volcánicos denominada Mb Loma La Vega, de edad Cenomaniano-Turoniano (Bourdon, 1985; Lebrón, 1989).

Memoria

La Fm Las Guayabas está formada esencialmente por depósitos volcanoclásticos entre los que se intercalan flujos coherentes de basaltos (Mb Loma La Vega) con alguna pequeña intrusión sin-volcánica relacionada y depósitos sedimentarios volcanogénicos consistentes en brechas y tobas de grano grueso a fino, que intercalan niveles de areniscas ricas en cristales y fragmentos líticos resedimentados. Las tobas están compuestas de cristales, escoria y clastos líticos juveniles, con una matriz rica en fragmentos de cristales. Estos depósitos son el producto de un volcanismo explosivo a freatomagmático, como atestigua la presencia de depósitos de caída, flujos piroclásticos y niveles intercalados de lapilli acrecionario, con intercalaciones de facies resedimentadas por flujos de masas y corrientes de turbidez. Los flujos basálticos son porfídicos, con facies autoclásticas y masivas subvolcánicas, como diques de alimentación. Los depósitos volcanogénicos son areniscas y limos tufáceos, depositados en un medio subacuoso, formando capas tabulares compuestas por mezclas de clastos volcánicos, composicionalmente variados, y no volcánicos, moderadamente bien seleccionados y variablemente redondeados.

En la Hoja de Miches se han observado como depósitos volcánicos: flujos de basaltos porfídicos con piroxeno y olivino, flujos basáltico/andesíticos porfídicos con plagioclasa, tobas y cineritas de composición básica.

Los basaltos con piroxeno y olivino son rocas lávicas de color gris-verde oscuro, que suelen presentar vacuolas de pequeño tamaño; la textura de estas rocas es hipocristalina, porfídica, de matriz afanítica y en ocasiones algo fluidal. Como componentes principales presenta fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno (augita) y olivino, con ortopiroxeno, cuarzo, sericita, magnetita, opacos y óxidos de Fe-Ti como accesorios. Las rocas estudiadas están muy frescas y han preservado bien los minerales y las texturas volcánicas.

Al microscopio, los fenocristales son milimétricos y están constituidos por agregados, frecuentemente glomeroporfídicos, de plagioclasas zonadas y macladas, prismas idiomorfos de clinopiroxeno augítico y raros ortopiroxenos; se han observado inclusiones de olivino en la augita. La matriz es afanítica y presenta vacuolas de pequeño tamaño, estando formada por un entramado de microprismas de plagioclasa y clinopiroxeno, que definen en algunas zonas una vaga textura fluidal; las vacuolas aparecen indefectiblemente rellenas por clorita, calcita y zeolitas, formando agregados fibroso-radiales. La calcita reemplaza también a algunos ferromagnesianos, dejando el

Memoria

exceso de Fe y Ti en forma de opacos en los bordes. Los procesos de alteración son ligeros y consisten en la cloritización del clinopiroxeno y la epidotización de las plagioclasas; la mesostasia está reemplazada por agregados secundarios de sericita, clorita y opacos, observándose también una ligera oxidación de la roca a favor de los planos de fractura.

Los flujos de basaltos y andesitas con plagioclasa son lavas con fenocristales de plagioclasas tabulares milimétricas y matriz afanítica de color marrón; la textura es hipocristalina, porfídica, de matriz traquítica. Mineralógicamente están compuestas por fenocristales de plagioclasa y quizá biotita, con accesorios reconocibles de cuarzo, sericita, magnetita, opacos y óxidos de Fe-Ti.

Al microscopio están compuestas por fenocristales de plagioclasa en proporciones modales inferiores al 10%; las plagioclasas forman agregados glomeroporfídicos y están composicionalmente zonadas, presentando rebordes de cuarzo y una cierta deformación. La matriz está formada por un entramado de microprismas de plagioclasa, que definen una textura fluidal de tipo traquítico; las plagioclasas aparecen reemplazadas por un agregado de sericita de grano muy fino, aunque algunos cristales tienen una mayor cristalinidad. Los posibles fenocristales de biotita en las facies andesíticas son de pequeño tamaño y están completamente reemplazados por clorita y un agregado criptocristalino rojo-amarillo. En la mesostasia hay agregados secundarios de sericita, clorita y opacos. Se observa una oxidación a favor de planos de fractura.

Algunas de estas facies aparecen intensamente cataclastizadas e hidrotermalizadas a lo largo de bandas. La deformación frágil origina una cierta fábrica planar cataclástica, así como la formación y relleno de finas venas hidrotermales de calcita y cuarzo entre los fragmentos de la brecha. El hidrotermalismo reemplaza casi completamente a la matriz de la roca porfídica original, a un agregado de sericita, clorita, zeolitas y cuarzo. La alteración hidrotermal es de relativa baja temperatura y origina la formación de minerales tales como: sericita, clorita, pumpellita, cuarzo, calcita, óxidos de Fe y opacos.

Las facies volcanoclásticas son tanto depósitos piroclásticos sin-eruptivos resedimentados como sedimentos volcanogénicos. Las muestras estudiadas consisten en tobas líticas o areniscas tufáceas, formadas por flujos piroclásticos o flujos de

Memoria

masas en un medio subacuoso. Las texturas son hipocristalinas, variablemente afaníticas, con un tamaño de grano para los clastos en general inferior a 2mm. Como componentes se reconocen cristales de augita, plagioclasa y olivino, abundantes fragmentos líticos de composición variada y como accesorios, opacos, magnetita y óxidos de Fe-Ti. Los fragmentos líticos son de procedencia volcánica y composición generalmente basáltica, habiendo quedado bien soldados y empaquetados durante los procesos de acumulación. Se observan clastos de basaltos porfídicos olivínicos, augítico-plagioclásicos, plagioclásicos, con texturas traquíticas, vesiculares o completamente afaníticas. Aparecen variablemente alterados y reemplazados por pumpellita, epidota, sericita, clorita, carbonatos, cuarzo y albita. Los fragmentos vítreos están desvitrificados a un agregado microcristalino oscuro, los cristales de ferromagnesianos están cloritizados, a partir de las plagioclasas se forma pumpellita, epidota y sericita, en tanto que los opacos están oxidados.

3.1.2.1 Miembro Loma La Vega

Al oeste de la localidad de El Seibo, en las laderas de la Loma La Vega, Lebron (1989) y Lebron y Perfit (1994) observaron los siguientes depósitos volcánicos: flujos volcánicos, brechas volcánicas y tobas vitroclásticas. En las muestras recolectadas en el sector durante el presente proyecto, se han distinguido dos tipos petrográficos de lavas: basaltos olivino-piroxénicos porfídicos y basaltos plagioclásicos traquíticos.

Los basaltos olivino-piroxénicos son rocas lávicas porfídicas, con fenocristales de ferromagnesianos de 1-3 mm de tamaño, en una matriz afanítica y sin fluidalidades claras, en ocasiones vesicular. Los fenocristales son de plagioclasa, ortopiroxeno, clinopiroxeno (augita) y olivino, con ilmenita, magnetita y óxidos de Fe-Ti como accesorios.

Los fenocristales de plagioclasa son subidio a alotriomorfos, de complejo zonado oscilatorio, pudiendo formar pequeños agregados glomeroporfídicos. Los otros fenocristales son de orto y clinopiroxeno zonado, de idio a subidiomorfos, con inclusiones de magnetita, olivino, plagioclasas y opacos. Se observa olivino como fenocristal y en la mesostasia, en parte reemplazado a clorita. La matriz está definida por un agregado microcristalino y criptocristalino rico en plagioclasas y opacos; en algunos sectores abunda la magnetita, que aparece como inclusiones en los piroxenos. Se superpone una leve alteración que origina: el reemplazamiento de los

Memoria

ferromagnesianos a agregados de epidota, sericita, clorita y opacos; la albitización, epidotización y sericitización de las plagioclasas; y la opaquización de la mesostasia originariamente vítrea por oxidación de los opacos. En las facies vacuolares, éstas aparecen rellenas por clorita, calcita y zeolitas, formando agregados fibroso-radiales. La calcita reemplaza también a algunos ferromagnesianos, dejando el exceso de Fe y Ti en forma de opacos en los bordes. En la mesostasia hay agregados secundarios de sericita, clorita y opacos, observándose también una ligera oxidación de la roca a favor de los planos de fractura. Algunas facies están intensamente fracturadas e hidrotermalizadas; la brecha formada está cementada y atravesada por finas venas hidrotermales de calcita y cuarzo, con un hidrotermalismo que reemplaza casi completamente a la matriz de la roca porfídica original por un agregado de sericita, clorita, zeolitas y cuarzo.

Las facies de basaltos traquíticos con plagioclasa son rocas lávicas, de grano muy fino y textura fluidal traquítica, en ocasiones vesicular. Está compuesta por un entramado de microfenoblastos de plagioclasas tabulares subidiomorfos de composición sanidina, que definen una fábrica fluidal traquítica mediante su orientación subparalela. Lebrón y Perfit (1994) citan la presencia de pseudomorfos de leucita en estas rocas. La matriz está compuesta por un agregado de sericita, clorita, óxidos de Fe-Ti y opacos, en buena parte como resultado de la desestabilización de ferromagnesianos y de la mesostasia, así como por agrupaciones de esferulitos procedentes de la desvitrificación de la pasta volcánica. Se observan algunos pseudomorfos de ferromagnesianos cloritizados. Los reemplazamientos secundarios forman calcita, sericita y óxidos de Fe; hay también rellenos zonados de vacuolas compuestos por clorita, pumpellita, esferulitos silíceos y sericita.

Las brechas volcánicas son depósitos resedimentados sin-eruptivos, como revelan la angulosidad y baja redondez de los clastos y el estrecho rango composicional y textural. La matriz de las brechas es microcristalina, siendo el resultado de la desvitrificación de vidrio volcánico. Se observan escasos clinopiroxenos subidiomorfos, completamente cloritizados, plagioclasas sericitizadas, fragmentos de anfíbol o biotita totalmente alterada a clorita y óxidos de Fe, con opacos subidiomorfos. Probablemente son rocas piroclásticas y autobrechas de clastos juveniles poco modificados, de composición intermedia-básica, variablemente resedimentadas por flujos de masas.

Las tobas de vidrio volcánico son de colores pardos y verdes, estando compuestas por abundantes fragmentos de fenocristales de plagioclasas y sanidina. La matriz está compuesta por un agregado de minerales secundarios y esferulitos silíceos procedentes de la desvitrificación del vidrio, en la que se distinguen *shards*, fragmentos de clinopiroxenos y raros pseudomorfos de anfíbol. Los reemplazamientos secundarios forman clorita, calcita, sericita, epidota, cuarzo y óxidos de Fe.

3.1.3. Serpentinitas

En este apartado se describe la composición petrográfica de los bloques de rocas peridotíticas variablemente serpentinizadas, extruidas en el sector suroriental la zona estudiada a favor de grandes fallas. Estas rocas fueron denominadas “complejo caótico” por Bourdon (1985), que reconoció la presencia de rocas peridotíticas con espinela como clastos inmersos en una matriz foliada serpentinitica. En los cantos ultrabásicos menos transformados a serpentinitas se observan rocas peridotíticas de tonos pardos y violáceos, de textura holocristalina, granuda de grano medio a grueso, fanerítica e inequigranular, generalmente poco foliadas. Aunque al microscopio la textura ígnea del protolito se conserva en algunas zonas, su mineralogía ha sido completamente reemplazada a un agregado de minerales del grupo de la serpentinita.

En las muestras estudiadas se distinguen serpentinitas de dos tipos texturales: granudas y foliadas. Las primeras están formadas por agregados milimétricos fracturados, pseudomorfos de olivino y piroxenos; las segundas están constituidas por un agregado foliado de menor cristalinidad, consecuencia de la orientación subparalela de las fibras de serpentinitas. En algún caso se han conservado hiladas de espinela y posiblemente cromita, que definen una fábrica planar, aunque están bastante reemplazadas y alteradas a óxidos pardos de Fe-Ti. En ambos tipos, el agregado mineral se observa muy fracturado, con recristalización en las grietas de minerales opacos también secundarios.

3.2. Geoquímica

3.2.1. Formación Los Ranchos

Las rocas básicas de la Formación Los Ranchos utilizadas para determinar las características geoquímicas (Fig. 3.1) son aquellas que no presentan texturas de

Memoria

cumulados ígneos o una gran abundancia de fenocristales; por tanto son las que se interpreta que 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; no obstante, los contenidos muy similares de elementos traza que presentan con respecto a las facies de diques y depósitos volcánicos, sugieren 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 gradan en composición desde basaltos subalcalinos hasta composiciones de andesitas y riolitas/riodacitas, observándose una cierta ausencia de composiciones basáltico/andesíticas intermedias en el diagrama (Fig. 3.2). En este estudio se incluyen también en la Fm Los Ranchos los intrusivos de composición tonalítica y cuarzodiorítica, que son relacionados con las rocas volcánicas ácidas. Estas muestras proceden de los macizos de El Valle (JM-9070), Los 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. 3.3 se muestra la variación de algunos óxidos y elementos traza seleccionados con respecto al MgO en las diferentes unidades litoestratigráficas de rocas volcánicas de la Fm Los Ranchos e intrusiones relacionadas con ella; en los diagramas se observa también la ausencia de composiciones intermedias, distinguiéndose dos grupos composicionales: rocas volcánicas basálticas, basáltico-andesíticas y andesíticas, intrusiones de gabros y microgabros y el Mb La Naviza (%MgO>3,3); y rocas volcánicas riolíticas e intrusiones cuarzodioríticas y tonalíticas (%MgO<1,4).

Fig. 3.1

Fig. 3.2.

Fig.3.3

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 con respecto al manto primordial (Fig. 3.4). En una primera aproximación, todas las rocas de la Fm Los Ranchos son de carácter toleítico y presentan una pronunciada anomalía negativa de Nb (y de Ta) indicativa de un origen relacionado con subducción. Como las tierras raras pesadas (HREE) y los HFSE (Ti, Zr, Hf, Ta y Nb) no resultan afectados por el componente relacionado con subducción en magmas de arco (Pearce y Peate, 1995), estos elementos pueden ser utilizados como una guía de la composición del manto del cual derivaron las rocas magmáticas estudiadas. En los diagramas, la pendiente negativa de los HFSE aumenta con el grado de empobrecimiento del manto y con la abundancia de las HREE (para grados equivalentes de fraccionación) lo que refleja cuantitativamente el grado de fusión parcial. Estos aspectos importantes de los diagramas de REE extendidos quedan reflejados en relaciones de elementos trazas normalizados con respecto al MP (Fig. 3.5): la relación $(Zr/Sm)_N$ refleja la naturaleza de la anomalía del Zr (y Hf) y la relación $(La/Yb)_N$, 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 información cuantitativa sobre el grado de fraccionación y de empobrecimiento de la fuente, respectivamente, excepto cuando las anomalías positiva o negativa del Ti en el diagrama de REE extendido indican que el contenido en Ti ha sido afectado por procesos de fraccionación cristalina. Como puede observarse en la Fig. 3.4, todos los patrones de distribución de REE de las rocas de la Fm Los Ranchos indican una fuente para los magmas similar a la de los N-MORB y más empobrecida.

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

Fig. 3.4

Fig. 3.5

3.2.1.1 Tipo I: Toleítas de arco isla (IAT) pobres en Ti y LREE

Este grupo está representado por las rocas volcánicas máficas de la Fm Los Ranchos (basaltos y basaltos andesíticos), las rocas volcánicas del Mb La Naviza y los gabros masivos y diques máficos microgabbroicos 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. 3.4), 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 menor de 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. 3.4), sugiriendo una conexión genética entre ambos tipos de rocas. Algunas muestras (JM9022, JG9067 y AD9034 y AD9035, estas dos últimas de Miches) presentan rangos composicionales propios de rocas boniníticas ($SiO_2 > 53\%$, $MgO > 8\%$ y $TiO_2 < 0,5$; Crawford *et al.*, 1989), aunque los elementos mayores pueden haber sido movilizados. El patrón de REE extendido del Mb La Naviza es, por ejemplo, muy similar a boninitas muestreadas en el ODP Leg 125. En cualquier caso, el empobrecimiento en LREE, los bajos contenidos en TiO_2 , los niveles de HREE y los altos $Mg\#$ que muestran las rocas de este grupo sugieren una fuente mantélica muy empobrecida y altas tasas de fusión parcial.

3.2.1.2 Tipo II: Toleítas de arco isla (IAT) normales y pobres en Ti

Este grupo está representado por los basaltos andesíticos y las andesitas de la Fm Los Ranchos. Presentan composiciones de basaltos toleíticos ricos en Fe ($> 9,6\%$) y están bastante fraccionados ($Mg\#$ 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. 3.4) 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 $(La/Yb)_N$ entre 0,7 y 1,4), una fuerte anomalía negativa

en Nb, en ocasiones una anomalía positiva en Th, ligeras anomalías negativas de Zr y Hf (relación $(Zr/Sm)_N$ entre 0,5 y 0,9) y HREE planas. Estas características sugieren también una fuente mantélica muy empobrecida para estas rocas (similar o incluso más empobrecida que la de los N-MORB), para tasas de fusión parcial algo menores que en el tipo I, en el que el granate no estuvo presente como fase residual, ya que este mineral es el que fracciona las HREE.

3.2.1.3 Tipo III: Rocas félsicas

Este tipo agrupa las rocas volcánicas ácidas de la Fm Los Ranchos, incluyendo las muestras de las Series Riolíticas Inferior y Superior y los intrusivos de composición tonalítica y cuarzodiorítica. En los diagramas Yb *versus* Th y Zr *versus* Y (Fig. 3.2; Barrett y MacLean, 1999) caen dentro del campo de las series toleíticas y, en algún caso, en el límite con las series transicionales. En función de su alto contenido en SiO₂, las rocas volcánicas son de composición riodacítica y fundamentalmente riolítica (SiO₂, 72-83%). El rango de composiciones más intermedias de las tonalitas y cuarzodioritas (SiO₂, 58-75%) está probablemente dominado por la presencia de plagioclasas ricas en Ca y cuarzo como cumulos, confirmando las observaciones realizadas en las láminas delgadas, así como la menor relación CaO/(CaO+Na₂O) y el menor Mg# (de 28-36 frente a 10-30 para las rocas volcánicas ácidas).

Todas las rocas félsicas del grupo III caen en un diagrama SiO₂-K₂O dentro del campo pobre en K, siendo el K₂O < 0.94 en las rocas tonalíticas y cuarzodioríticas; los contenidos en Zr y P₂O₅ son muy bajos en comparación con las rocas félsicas típicamente calco-alcalinas y los contenidos en TiO₂ son también muy bajos, entre 0,56 y 0,18. Los patrones de REE extendidas para las rocas volcánicas y los intrusivos tonalíticos/cuarzodioríticos en la Fm Los Ranchos son muy similares para rangos de Mg# < 38 (Fig. 3.4), lo que establece una clara conexión genética entre ambos tipos de rocas. Las riolitas presentan una distribución plana o ligeramente enriquecida en LREE ((La/Yb)_N = 1,1 a 1,8) y las tonalitas de plana a ligeramente empobrecida en LREE ((La/Yb)_N = 0,4 a 0,6), en contraste con las rocas félsicas calco-alcalinas que exhiben un moderado a fuerte enriquecimiento en LREE, reforzando su afinidad toleítica. El carácter toleítico frente al calco-alcalino de todas las rocas de la Fm Los Ranchos, queda claramente definido en el diagrama de discriminación tectonomagmática Hf/3-Th-Nb/16 (Fig. 3.6; Wood, 1980).

Fig. 3.6

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 de las 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 con subducción. Algunas rocas tienen una anomalía positiva en Th y en Hf (relación $(Zr/Sm)_N$ entre 0,8 y 1,5). Estas rocas félsicas ricas en SiO₂ y pobres en K₂O son generalmente interpretadas como los productos de fusión parcial, en oposición a una fraccionación, de rocas máficas (Drummond y Defant, 1990; Jenner y Swinden, 1993). 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. Formación Las Guayabas

Las muestras estudiadas dentro de la Fm Las Guayabas (Fig. 3.7) pertenecen a las Hojas de Hato Mayor (JG-9058 y JG-9070) y Monte Plata (HH-9039), correspondiendo las primeras a andesitas del Mb Loma La Vega y las segundas a intrusiones tonalíticas y cuarzodioríticas relacionadas. 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 flujos de lavas andesíticas de textura traquítica, brechas volcánicas y tobas ricas en cristales.

Composicionalmente se trata de un grupo de basaltos andesíticos, andesitas y dacitas, relativamente bastante fraccionadas (Mg# de 44 a 20) y generalmente ricas en K₂O (2,7-12%) y Na₂O (2,6-5,8%). Presentan contenidos altos en Al₂O₃ (17,0-21,0%), Rb y Sr, y bajos en TiO₂ (<1,0%) y MgO (<1,0%), incluso los basaltos andesíticos del Mb Loma La Vega donde son de 2,5 y 2,7% respectivamente (Fig. 3.8). 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.

Fig. 3.7

Fig. 3.8

En el diagrama Nb/Y *versus* Zr/TiO₂ de Winchester y Floyd (1977), caen en el campo de los basaltos/andesitas y las muestras del Mb Loma La Vega y las tonalitas/cuarzodioritas, en el campo de los basaltos subalcalinos. Los términos basálticos muestran una clara afinidad transicional y calco-alcalina en los diagramas Yb *versus* Th y Zr *versus* Y (Barrett y MacLean, 1999), diferenciándose claramente de las toleítas 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 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. 3.9), los basaltos y las andesitas calco-alcalinos 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 y 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 y 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 Guayabas, comparados con los valores típicos para basaltos N-MORB (0,05; 2,5; 0,93 y 7451, respectivamente; Sun y MacDonough, 1989), sugieren 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.

Fig. 3.9

Memoria

Análogamente, en un diagrama extendido de REE normalizado con respecto al manto primordial (Fig. 3.10), todas las rocas de la Fm Las Guayabas 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, valores típicos de rocas basálticas e intermedias relacionadas con subducción. Los valores promedio de la relación $(Zr/Sm)_N=0,96$ y de HREE con una ligera pendiente negativa, sugieren una fuente mantélica empobrecida para los basaltos, similar a la de los N-MORB.

Fig.3.10

4. TECTÓNICA

4.1. Estructura

La cordillera Oriental se extiende con una dirección E-O, una longitud de unos 135 km y una anchura cercana a 35 km, en el área adyacente a la costa meridional de la bahía de Samaná (Fig. 1.1). Su límite septentrional es la falla Meridional de Samaná, que forma parte del sistema de fallas que se extienden hacia el NO a lo largo de la cuenca del Cibao (Dixon y Daily, 1981; de Zoeten y Mann, 1991; Edgar, 1991). También su límite occidental coincide con un accidente tectónico, encontrándose separada de la cordillera Central por el cabalgamiento de Hatillo (Bowin, 1966). Por el contrario, hacia el sur y el este, 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.

Su evolución tectónica y sedimentaria es el resultado de la subducción y de la colisión oblicua entre el borde septentrional de la placa del Caribe y la plataforma de las Bahamas (Burke *et al.*, 1978). Un corte geológico a través del límite de las placas (Fig. 4.1.) sitúa la cordillera Oriental como un extenso bloque volcano-plutónico de edad cretácica basculado hacia el sur, adyacente a las fallas de dirección E-O que limitan la cuenca de la bahía de Samaná, rellena por 2.900 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, diferentes de las del complejo metamórfico que forma la península de Samaná. La fosa entre la Península de Samaná y el Silver Bank está situada en el límite entre las placas del Caribe y Norteamericana, como demuestra la actividad sísmica concentrada al sur de la fosa (Dolan *et al.*, 1998).

FIG. 4.1

Bowin (1975) presentó un mapa geológico y un mapa estructural de La Española, incluyendo por primera vez elementos estructurales de la cordillera Oriental. Sin embargo, este dominio permaneció como una de los menos conocidos de la isla hasta el trabajo de Bourdon (1985), que integró una cartografía geológica a escala 1:100.000, varios cortes geológicos seriados y un análisis de orientaciones, reconociendo dos unidades principales, El Seibo y El Oro, cada una con distinta serie estratigráfica y diferente estilo de deformación. El mapa de Bourdon fue reproducido casi sin cambios por Mann y Lebrón (1991), que aportaron adicionalmente un corte geológico regional profundo, con pliegues de vergencia septentrional sobre una superficie de despegue situada a techo de la Fm Los Ranchos. Las cartografías geológicas a escala 1:50.000 realizadas durante el presente proyecto demuestran que las formaciones estratigráficas y los elementos estructurales cruzan los límites de las unidades del Seibo y del Oro y por tanto resulta innecesaria esta subdivisión, simplificando en gran medida la geología de la Cordillera (Fig. 4.2).

Las rocas más antiguas que afloran consisten en más de 3.000 m de rocas volcánicas (Fm Los Ranchos; Neocomiano), apareciendo parcialmente cubiertas por una delgada plataforma (<300 m) de carbonatos (Fm Hatillo; Aptiano-Albiano); sobre ellas se disponen unos 5.500 m de areniscas y calizas de origen esencialmente turbidítico (formaciones Las Guayabas y Río Chavón; Cretácico Superior). Presentan un metamorfismo de bajo grado en facies de prehnita-pumpellita (Bourdon, 1985) y se hallan intruidas por granitoides del Cretácico Superior. El conjunto forma el basamento de las cuencas terciarias y cuaternarias.

La complejidad de las estructuras incluye pliegues y fallas de superficie casi vertical con cizallas en dirección y componentes inversos y normales. Los pliegues dominan en las series estratificadas del Cretácico Superior y son raros en la pila de rocas volcánicas de la Fm Los Ranchos, que se halla fracturada principalmente. La fracturación es más evidente cuando la cobertera de calizas plio-pleistocenas de la Fm Los Haitises cubre a la Fm Los Ranchos, como se pone de manifiesto especialmente en la Hoja de Antón Sánchez.

FIG 4.2

La Fm Los Ranchos y sus intrusiones asociadas afloran con un patrón ovalado en un área de culminación estructural situada al norte de las poblaciones de Monte Plata, Bayaguana y Hato Mayor, así como en un área más reducida situada al oeste de Miches. Ambos afloramientos están separados por la falla de Yabón, de dirección NO-SE, activa desde el Terciario como una falla en dirección levógira (Hernández, 1980; Bourdon, 1985). Esta falla produce una señal marcada en el mapa geomagnético (Fig.4.3) y tiene asociadas protrusiones (intrusiones tectónicas) de rocas ultramáficas de origen mantélico emplazadas en el Cretácico Superior. Se trata por tanto de una falla en dirección que ha evolucionado a partir de una falla crustal en la cuenca de antearco.

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

Un poco mejor caracterizada desde un punto de vista estructural es la discordancia de la base del Cretácico Superior entre las formaciones Hatillo y 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; se interpretan como fallas que acomodan la extensión inicial en la cuenca de antearco. Fallas de gran escala, que cortan en rampa 1,2 km de serie del Cretácico Superior se hallan plegadas al sureste de Hato Mayor (Fig.4.2). La homogeneidad litológica de la Fm Las Guayabas impide reconocer la separación estratigráfica en ambos bloques, pero la opción más plausible es que se trata de fallas gravitacionales de perfil lístrico que extienden hacia el sur los sedimentos en el talud.

FIG 4.3

Dos generaciones de pliegues se superponen (Fig. 4.2). La primera, con un patrón concéntrico, es groseramente paralela al contacto cartográfico de las formaciones Los Ranchos y Las Guayabas. Entre las poblaciones de Hato Mayor y Las Lisas está doblada por pliegues NO-SE y N-S de segunda generación, que producen estructuras de interferencia del tipo-I, caja de huevos de Ramsay (1967). El ejemplo más espectacular es la estructura sinformal de doble inmersión situada al sureste de El Seibo.

El paralelismo de los pliegues de primera generación al contacto cartográfico entre la Fm Los Ranchos y las formaciones del Cretácico Superior sugiere una relación genética entre el plegamiento contractivo y el basculamiento monoclinial hacia el sur y sureste de las series cretácicas. Su efecto en la cordillera Oriental fue la contracción, elevación y basculamiento hacia el arco del borde de la placa del Caribe sobre la placa subducida (Fig. 4.1) y la protrusión hasta la superficie de rocas ultramáficas serpentinizadas. La deformación ocurrió antes del Eoceno (Bourdon, 1985), edad de la Fm Don Juan, que erosiona terrenos más antiguos hacia el sector central de la cordillera, llegando a yacer sobre la Fm Los Ranchos al oeste de Hato Mayor.

La deformación finicretácica en la cordillera Oriental coincide con el cese de la principal actividad volcano-plutónica en La Española y es correlativa a la fase de deformación regional que afecta a las Antillas Mayores entre el Campaniano y el Eoceno, como resultado de la colisión con la placa Norteamericana (Bourdon, 1985; Mann *et al.*, 1991b).

Las rocas elevadas y erosionadas del arco volcánico del Cretácico Inferior y del antearco del Cretácico Superior, forman el basamento de los sedimentos eocenos depositados en cuencas estrechas limitadas por fallas de orientaciones NO-SE, E-O y NO-SE (Figs. 1.5 y 4.4.A y 4.4.B). El perfil transverso de estas cuencas es de tipo semigraben, con estratos rotados hacia las fallas: los primeros depósitos son conglomerados aluviales de la Fm Don Juan, provenientes de los relieves adyacentes a las fallas; encima yacen generalmente calizas, areniscas y conglomerados marinos, con diferencias estratigráficas entre cuencas que indican una evolución independiente. La generación de relieve en bloques elevados adyacentes a bloques deprimidos es típica de cuencas transpresivas.

Fig. 4.4.A

Fig. 4.4.B

Los pliegues de segunda generación y sistemas de cizallas asociadas que se han desarrollado a partir del Eoceno representan la deformación post-acrecional y post-colisional del arco de islas. Su frecuencia crece en la zona que rodea a la falla de Yabón, disminuye entre Hato Mayor y Monte Plata y vuelve a incrementarse en el área situada al oeste de Monte Plata, por la deformación asociada a las zonas de cizalla que forman el límite nororiental de la cordillera Central (Bowin, 1966; Boisseau, 1987; Draper *et al.*, 1996).

En el bloque suroccidental de la falla de Yabón los pliegues se disponen “en echelon” con un escalonamiento levógiro a ángulos de aproximadamente 20° con respecto a la superficie de la falla, indicando un movimiento horizontal convergente levógiro. En contraste, los pliegues adyacentes al bloque nororiental 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. Otras fallas de orientación NO-SE a NNO-SSE localizadas 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 de dirección ONO-ESE (con ligeros cambios de ángulo debidos a rotaciones) cortan a pliegues en el bloque nororiental de la falla de 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 de Yabón, o en bloques empujados y elevados como el de Loma Vieja (Fig. 4.4.B). La configuración del sinclinorio situado al sureste de El Seibo es cónica, con líneas de charnela que divergen hacia el sureste en la dirección de movimiento de la falla de Yabón. La mecánica del plegamiento por cizalla convergente que ha formado estos pliegues no requiere la existencia de una superficie de despegue somera a techo de la Fm Los Ranchos como proponen Lebrón y Mann (1991).

La región de máximo acortamiento con desarrollo de clivaje se sitúa próxima a la costa septentrional, entre las poblaciones de Miches y Las Lisas. El clivaje prácticamente desaparece siguiendo el eje de los pliegues hacia el sureste (Fig. 4.2). 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) llevaron a la categoría de “terrenos”.

Para Burke *et al.* (1980) y Mann *et al.*, (1984), 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 de orientación E-O de Samaná constituyen la zona de principal cizalla simple, acomodando una parte importante de la traslación mientras que los pliegues y las fallas de directriz NO-SE de la cordillera acomodan la mayor parte de la laminación mecánica y del acortamiento intraplaca.

En la actualidad, el borde septentrional de La Española es una zona activa de cizalla simple, 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. 4.1). La actividad neotectónica en la cordillera Oriental es evidente en la elevación del arrecife plio-cuaternario, que originalmente se extendía de costa a costa en el sector oriental de la isla y actualmente se presenta como un relieve estructural elevado a más de 300 m. El plegamiento del arrecife es pasivo, adaptado a la componente vertical de movimiento de fallas de desgarre de directriz ONO-ESE y NE-SO. Entre los rasgos geomorfológicos destacan la superficie de erosión argilizada de La Herradura, 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 septentrional adyacente al máximo relieve de la cordillera.

4.2. Estructura de la Hoja de Miches

4.2.1. Elementos estructurales

La Hoja de Miches presenta un espaciado variable de pliegues y fallas, que poseen una orientación dominante NO-SE; no obstante, en general los pliegues muestran una geometría más apretada en el sector meridional. Como elemento más relevante cabe destacar la falla de Yabón, desgarre de orientación general NO-SE que divide la Hoja

Memoria

en dos bloques, cada uno con ciertas peculiaridades (Fig. 4.2). Para la descripción de la estructura de la Hoja, se siguen los cortes geológicos que acompañan a la cartografía.

La estructura más suroccidental es el anticlinal de Los Bolos, en cuyo núcleo aflora la Fm Los Ranchos, del cual sólo se ha conservado el flanco meridional debido a la acción del desgarre del arroyo Naranjo; al igual que todas las estructuras del sector meridional, poseen dirección NO-SE. El citado desgarre da paso al anticlinal de la loma del Gran Diablo, pliegue vergente hacia el SO, desarrollado sobre la Fm Las Guayabas y afectado por una intensa fracturación; en su flanco nororiental, más completo, afloran las formaciones Río Chavón y Don Juan.

El pliegue aparece bruscamente interrumpido por la falla de Yabón, que en este sector adopta una orientación E-O. El hecho de que al norte de la misma aflora la Fm Los Ranchos no da idea de su salto en la vertical, pues el salto observado aquí es consecuencia del desplazamiento en dirección. Otro notable desgarre, el de la loma del Coco, de dirección NO-SE, limita el bloque de la Fm Los Ranchos, puesta en contacto nuevamente con la Fm Las Guayabas, en este caso probablemente a través de una banda kilométrica de intensa deformación.

La calidad de los afloramientos a partir de la falla de Yabón no permite excesivas precisiones, pero la estructura de la mitad oriental de la Hoja sugiere que el afloramiento de la Fm Los Ranchos de la loma La Mireya, parece corresponder a un anticlinorio relacionado con el anticlinal de la loma de los Gatos. Sus contactos con la Fm Las Guayabas, localizada en el flanco meridional, corresponden a desgarres que probablemente han retocado una falla inversa anterior; de acuerdo con esta idea, el afloramiento de la Fm Las Guayabas constituiría el flanco meridional de dicho anticlinorio. El límite de los afloramientos en la cordillera con la Llanura Costera de Sabana de la Mar y Miches tiene carácter brusco, debido a la acción de la zona de falla Meridional de Samaná, integrada aquí por numerosos segmentos de orientación E-O desplazados por fallas de dirección NO-SE.

En una transversal más oriental, se aprecia igualmente una sucesión de pliegues, pero en este caso la erosión ha preservado términos estratigráficos más altos, denunciando una inmersión generalizada de los pliegues hacia el sureste. Concretamente, en la sección central, el sector localizado al suroeste de la falla de Yabón está caracterizado

Memoria

por la sucesión de los sinclinales de Peña Blanca y El Grumo, este último desarrollado sobre las calizas de la Fm Río Chavón.

Al noreste de la falla aparecen nuevamente términos estratigráficos más antiguos que en bloque suroccidental; en este caso se trata de la Fm Las Guayabas, que configura el sinclinal apretado, vergente hacia el sur y fallado, de Cocuyo. Las alteraciones de la superficie de La Herradura no permiten confirmar si el flanco nororiental enlaza directamente con el anticlinal del km 12 de la carretera de Miches o si existen estructuras intermedias. Un apretado sinclinal da paso al pliegue más amplio de la zona, el anticlinal de la loma de los Gatos, afectando a la Fm Las Guayabas; el principal marcador de su geometría es el Mb Arroyo La Yabana, que denuncia una ligera vergencia meridional. La estructura está afectada por diversos saltos producidos por fallas. Al igual que en la sección anterior, la cordillera desaparece bruscamente en el ámbito de la falla Meridional de Samaná.

La sección más oriental se localiza totalmente en el bloque nororiental de la falla de Yabón. En ella se observan un tren de pliegues mucho más apretados que en las secciones anteriores, separados entre sí por desgarres. La geometría de conjunto viene marcada por los niveles de radiolaritas del Mb Arroyo La Yabana y los de calizas de la Fm Río Chavón. El pliegue más nororiental es el anticlinal de la loma de Los Gatos, que también es el más amplio, no sólo de la transversal sino de toda la Hoja.

4.2.2. Etapas de deformación

La estructura más antigua corresponde a la intrusión del conjunto serpentínico, de edad pre-Eocena a juzgar por los datos aportados por la Hoja de Rincón Chavón, probablemente a favor del accidente crustal de la zona de falla de Yabón.

Las diversas estructuras reflejadas en la cartografía, fallas normales y transcurrentes y pliegues de dirección predominante NO-SE, se han formado secuencialmente entre el Eoceno y la actualidad. Aunque se observan relaciones de corte, es difícil establecer qué estructuras quedan inactivas durante la secuencia de deformación progresiva.

La actividad reciente de la falla principal de la cordillera, la falla de Yabón, es evidente en las Hojas de Miches y el Valle, donde esta falla y otras relacionadas forman un escarpe rectilíneo superior a 100 m de desnivel, en la margen derecha del valle del río

Memoria

Yabón (Bourdon, 1985) nítidamente dibujado pese a la velocidad con que actúan los procesos erosivos en la región. La instalación del río Seibo y su afluente el arroyo Magua a lo largo de su trazado, son un argumento más sobre su existencia, pero no aporta pruebas sobre su actividad neotectónica. Sí las aporta sin embargo, el desnivelamiento que muestra la superficie alterada de La Herradura, que se encuentra unos 100 m más baja al sur de la falla, en el sector de Rompe Trapo.

Probablemente, la brusca desaparición de la cordillera en las inmediaciones del litoral y la existencia de depósitos recientes poco erosionados en la llanura litoral, sugieren su formación reciente, posiblemente en respuesta a la actividad de la falla Meridional de Samaná.

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 El Seibo (6372), atendiendo a su geometría, tamaño y génesis; el depósito que acompaña a algunas de estas formas (formaciones superficiales) es tratado en el apartado correspondiente a la estratigrafía de los materiales cuaternarios.

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

5.1.1. Estudio morfoestructural

El relieve de la zona está condicionado en gran medida por la naturaleza y la disposición de los materiales que la conforman. El sustrato volcánico y sedimentario cretácico de la cordillera ha sido afectado por la creación y desnivelación de bloques, habiendo condicionado el encajamiento rectilíneo de algunos tramos de la red fluvial y el desarrollo de capturas; igualmente, en el sector suroriental muestra un acusado plegamiento, marcado por los contrastes litológicos.

5.1.1.1 Formas estructurales

Se encuentran diseminadas por todo el ámbito de la Hoja, encontrándose una mayor variedad en la zona montañosa, aunque también tiene una clara expresión morfológica en su límite con la Llanura Costera de Sabana de la Mar y Miches, y en la orientación de diversos segmentos de la red fluvial. Las *fallas con expresión morfológica* se agrupan principalmente en torno a la familia de dirección NO-SE, que condiciona la orientación de las alineaciones y de los valles inferiores de la cordillera, sin olvidar el papel jugado por las fallas de dirección E-O en la llanura litoral. Corresponden a fallas

Memoria

normales y desgarres cuya longitud supera en diversos casos los 10 km. Mención aparte merece la falla de Yabón, falla de desgarre (o de salto en dirección) senestra que atraviesa el sector suroccidental de la Hoja de NO a SE, acompañada por un gran número de expresiones morfológicas (facetas triangulares de escarpe de falla, cambios bruscos de pendiente, grandes valles, salto en las superficies de erosión, red de drenaje con pendientes anómalas por exceso...). En ocasiones, se encuentran bajo depósitos cuaternarios sin afectarlos o bien algún rasgo morfológico parece estar condicionado por una falla sin que se tenga la total certeza de su existencia, habiéndose representado en ambos casos como *fallas supuestas*.

Pese a la elevada velocidad con que la meteorización elimina o enmascara algunas formas, existen diversos rasgos que se interpretan en relación con la acción de fallas, entre ellos: *escarpes de falla*, en ocasiones *degradados* y *facetas triangulares de escarpe de falla*, de entre las que destacan las asociadas a la falla de Yabón, entre esta localidad y El Valle. A través de indicios menos evidentes se deducen *alineaciones morfológicas con control estructural* en el seno de la superficie de La Herradura, superficie con un claro *basculamiento* hacia el NO.

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

5.1.2. Estudio del modelado

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

Memoria

En el caso de la llanura costera, son los procesos marino-litorales los condicionantes fundamentales de su aspecto actual, aunque también han influido los procesos de carácter fluvial, lacustre y endorreico.

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

5.1.2.1 Formas gravitacionales

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

Aunque distribuidas irregularmente, las más extendidas son los *coluviones*, formados como consecuencia del desequilibrio provocado en las laderas por la erosión fluvial y la actividad neotectónica. Es habitual la formación de *deslizamientos* en respuesta a las elevadas pendientes y precipitaciones, además de la abundancia de materiales arcillosos (generados por alteración del sustrato cretácico) y la frecuencia de eventos sísmicos; sin embargo, son escasos los ejemplares cartografiables observados debido a la elevada velocidad de meteorización y al rápido crecimiento de la vegetación, que hacen que sus cicatrices queden rápidamente enmascaradas, dificultando extraordinariamente su reconocimiento. Generalmente son *deslizamientos puntuales*, como los visibles a lo largo del descenso a Miches por la carretera procedente de El Seibo.

5.1.2.2 Formas fluviales y de esorrentía superficial

Son con mucho las más ampliamente representadas, constituyendo la mayor parte de la superficie de la Llanura Costera de Sabana de la Mar y Miches, así como de algunos valles intramontañosos. Destaca la extensión de los abanicos aluviales de baja pendiente, ya que los ríos de la zona no tienen una excesiva variedad de depósitos, pudiendo destacarse el valle del río La Yeguada, en el que junto al fondo de valle se han reconocido dos niveles de terrazas.

Los *fondos de valle* son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual. En general se trata de formas estrechas, especialmente en el ámbito de

Memoria

la sierra, coincidentes con el canal de estiaje. Los más destacados pertenecen a los ríos Yabón, Magua, Jovero, Seibo y La Yeguada.

Menor desarrollo alcanzan las *terrazas*, cuyos representantes también aparecen asociados a los principales cursos; en ningún caso se han reconocido escalonamientos de más de dos sistemas encajados, ambos con cotas menores de +20 m sobre el cauce actual, habiéndose considerado de modo informal terrazas bajas. Probablemente, la ausencia de niveles superiores sea la consecuencia del bajo potencial de encajamiento debido a la escasa diferencia altimétrica con respecto a su nivel de base y de su 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 principales. Su depósito se produce en la confluencia de ríos y arroyos con valles de mayor entidad, en los cuales la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose; cuando los ápices se encuentran próximos entre sí, se produce coalescencia. Alcanzan longitudes de hasta 2 km con respecto al ápice, como en el valle del río Seibo, sensiblemente inferiores en cualquier caso a las de los abanicos de baja pendiente, probablemente como consecuencia de la menor densidad de carga en el caso de estos últimos.

El sistema antiguo engloba probablemente diversas generaciones imposibles de correlacionar debido a la desconexión de la mayoría de los abanicos, caracterizándose por mostrar un retoque erosivo que, aunque variable de unos cuerpos a otros, indica que ya no son funcionales; sus principales representantes se encuentran orlando los relieves del sector meridional y los del valle del río Seibo y del arroyo Rico. Por su parte, el sistema más moderno agrupa los dispositivos potencialmente funcionales, como se deduce de su mínimo retoque erosivo; sus ejemplares se encuentran ampliamente distribuidos.

Especial interés merecen por su desarrollo regional en la llanura costera los *abanicos aluviales de baja pendiente*, que partiendo al pie de la cordillera, tapizan la franja litoral. Descienden generalmente desde cotas próximas a 40 m hasta el nivel del mar, mostrando un bajo grado de disección. Probablemente su génesis está relacionada con las últimas etapas de inestabilidad de la cordillera.

Memoria

Localmente aparecen depósitos de escasa representación de carácter *aluvial-coluvial* en los que no resulta posible separar las porciones de origen fluvial y gravitacional.

Entre las formas erosivas se han reconocido: formas de *incisión lineal*, ampliamente representadas por toda la zona, si bien sus efectos más notorios se producen en el dominio montañoso, donde ha dado lugar a: *gargantas* y *cañones*; *cambios bruscos de pendiente* con intermitentes *saltos de agua*; *aristas*, que poseen una notable representación; *divisoriais montañosas*, siendo la más evidente la que separa las vertientes atlántica y caribeña en el sector oriental; *escarpes de terraza*; y *cárcavas*, apareciendo generalmente como *áreas acaravadas*.

La red de drenaje muestra una geometría y un carácter fuertemente condicionados por la litología y la estructura al atravesar la cordillera Oriental, donde se observan numerosos cursos que cambian de orientación al alcanzar fallas a favor de las cuales discurren linealmente y que, sin duda, han favorecido los fuertes encajamientos existentes. Excepción hecha del río Yabón, cuya geometría está directamente condicionada por la falla del mismo nombre, el carácter de los ríos principales es de tipo consecuente, con un abundante cortejo de afluentes de tipo subsecuente, adaptados a las diversas orientaciones de la fracturación. Predominan las geometrías de tipo dendrítico, excepto en el ámbito de la superficie de La Herradura, donde se observan tipos paralelos y rectangulares.

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

5.1.2.3 Formas lacustres y endorreicas

Se trata de lagunas y áreas endorreicas con una representación reducida a la Llanura Costera de Sabana de la Mar y Miches. Las *lagunas* se localizan en el ámbito de La Jina, destacando la de Las Pajas, de 1 km de eje mayor; en cualquier caso, su génesis está relacionada con la dinámica litoral. Las *áreas pantanosas* o *ciénagas* aparecen igualmente en la franja litoral, pero con un tamaño algo mayor, pudiendo alcanzar 2 km de eje mayor, como en las *ciénagas* de La Jina y Las Cañitas.

5.1.2.4 Formas eólicas

Aparecen representadas exclusivamente por el *manto eólico* del sector de Cocoloco. Se trata de una acumulación arenosa informe de varios kilómetros cuadrados, colonizada por cocos. No debe descartarse que se trate de un cordón litoral degradado, como parece deducirse en la vecina Hoja de Las Lisas (6472-IV).

5.1.2.5 Formas marinas-litorales

Se distribuyen por dos sectores de características muy contrastadas. Por una parte, la Llanura Costera de Miches, donde se reconocen playas, marismas, flechas litorales y acantilados fósiles; por otra, la superficie culminante de la cordillera, interpretada como una plataforma de abrasión degradada.

Las formas más extendidas del litoral son las marismas, áreas sometidas a la acción de las mareas. Dentro de ellas se han distinguido las *marismas bajas* o zonas afectadas por las mareas diarias, coincidente con el *manglar*, y las *marismas altas* o zonas afectadas por las mareas excepcionales. Las *playas* se localizan en el ámbito de Miches, siendo la más relevante la que se localiza entre la citada localidad y punta Hicaco, de más de 4 km de longitud; no obstante, se trata de playas estrechas, con una anchura de orden decamétrico e incluso inferior. Ya que predomina el carácter de costa baja, escasean los *acantilados*, que llegan a 20 m de desnivel en la loma de Los Colorados y en punta Medina. En cualquier caso, la forma litoral más característica es la *flecha* de La Jina, con una longitud cercana a 5 km y una típica punta en forma de gancho debido a la acción de las corrientes litorales.

La *plataforma de abrasión degradada* de La Herradura es una de las formas más características de la Hoja, evidenciándose de forma nítida su carácter superficial al ser divisada a cierta distancia. En conjunto muestra un descenso altimétrico entre el sector oriental (600 m) y el occidental (350 m); otro tanto puede decirse al pasar al bloque suroccidental de la falla de Yabón, descendiendo más de 100 m en el sector de Rompe Trapo. La evolución paleogeográfica propuesta para la cordillera Oriental durante el Plioceno, a modo de plataforma carbonatada de la que sólo emergerían algunas islas, a modo de archipiélago, hace muy probable la intervención marina en la formación de la superficie. Posteriormente, su degradación se ha visto favorecida por la intensa alteración sufrida, probablemente según el modelo de “medias naranjas” y el consiguiente “lavado” diferencial.

5.1.2.6 Formas por meteorización química

Se trata de otro grupo de formas ampliamente representadas, no tanto por el desarrollo de los procesos kársticos como por la extensión que los efectos de la alteración han alcanzado en la zona.

La karstificación ha afectado a diversos conjuntos carbonatados, como muestran los *campos de lapiaz* desarrollados sobre las calizas de las formaciones Hatillo, Río Chavón y Yabón, que en algunos casos constituyen *áreas con intensa karstificación*, como el afloramiento de El Grumo, al oeste de Pedro Sánchez, único lugar donde las *dolinas* han podido ser representadas cartográficamente.

En cuanto a los procesos de meteorización química en rocas no carbonatadas, se encuentran ampliamente extendidos. Se reconocen *alveolos de alteración*, correspondientes a depresiones afectadas por una intensa meteorización debido a la confluencia de diversas fracturas. Sin duda, el producto más extendido por toda la región son las *argilizaciones*, cuyo resultado son las arcillas rojas de carácter laterítico típicas de la meteorización en ambientes tropicales; afectan a un amplio espectro de sustratos, desde los materiales volcánicos-sedimentarios cretácicos hasta las terrazas y abanicos aluviales cuaternarios, pero sin duda alcanzan su máxima expresión en la superficie de La Herradura.

5.1.2.7 Formas poligénicas

Se incluyen en este grupo las formas cuya morfogénesis puede atribuirse a la acción simultánea o sucesiva de más de un proceso genético, habiéndose reconocido escarpes, cerros cónicos y picos principales. No son excesivamente abundantes ya que la velocidad de los procesos erosivos da lugar a una conservación efímera de las formas.

Los principales *escarpes* se encuentran en el borde de la superficie de La Herradura, con desniveles de hasta 400 m. En el sector oriental de la cordillera se encuentran los *picos principales* más relevantes, de elevación moderada en cualquier caso. Por lo que respecta a los *cerros cónicos*, resultado de procesos de erosión selectiva, son muy escasos.

5.2. Evolución e historia geomorfológica

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

Bajo esta configuración, la región asistiría al desarrollo de superficies de diversa índole. Por una parte, el depósito carbonatado de la plataforma dio lugar a una marcada superficie estructural; por otra, en el ámbito litoral se generaría una superficie de erosión, "correlativa" con aquélla, más difícil de identificar por la evolución seguida posteriormente.

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

La importante acumulación carbonatada de la plataforma de Los Haitises favorecería un notable desarrollo kárstico. En un momento impreciso, probablemente cercano al límite Pleistoceno-Holoceno, una reactivación de la zona montañosa desencadenaría el desarrollo de extensos sistemas aluviales de baja pendiente que tapizarían las llanuras costeras y que configurarían la superficie de la que arrancarían la incisión actual.

A partir de este momento, la evolución general del relieve ha estado presidida por el comportamiento de la red de drenaje, con fuertes encajamientos en la zona montañosa, pero moderados en la llanura por su pequeño desnivel con respecto al

Memoria

mar; de forma mucho más localizada, no debe olvidarse la influencia que ha tenido la actividad de la falla de Yabón, al menos desde la elaboración de la superficie de La Herradura. En la cordillera, el encajamiento ha sido simultáneo con: la continuación de la argilización de los materiales volcánicos y sedimentarios y la arenización de los cuerpos intrusivos; el retroceso de las vertientes mediante el desarrollo de coluvionamientos y de movimientos en masa; y los cambios de orientación de la red por adaptación a fracturas y contrastes litológicos.

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

6. HISTORIA GEOLÓGICA

Las rocas de la cordillera Oriental 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).

Sobre la corteza de la placa del Caribe, posiblemente engrosada como una meseta o un monte oceánico (Escuder Viruete *et al.*, 2002), 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.*, 1991b). 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). Con el cese progresivo del volcanismo, los relieves emergidos terminaron arrasados en una plataforma, sobre la que se depositaron en ligera discordancia las calizas arrecifales de la Fm 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. En este intervalo de tiempo las rocas volcánicas de la Fm Los Ranchos fueron intruidas por tonalitas de 95-87 Ma (Kesler *et al.*, 1991b).

Memoria

FIG 6.1

Memoria

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 antearco 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 meridional de la placa Norteamericana. Paralelamente al bloqueo progresivo de la subducción cesó la actividad ígnea.

Tras la colisión, la traslación de las placas cambió de oblicua a paralela, a lo largo de las fallas transformantes que producen la apertura de la cuenca transtensiva del Caimán en el Eoceno Inferior (Rosencrantz *et al.*, 1988). En la megazona de cizalla comenzó a fragmentarse y a separarse el núcleo volcano-plutónico del arco de islas de las Grandes Antillas. Sobre el basamento cretácico arrasado de la cordillera Oriental se formaron cuencas transpresivas separadas por fallas en dirección de orientación 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 se crearían 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 orientadas en la dirección E-O. En el Mioceno, la evolución de la zona de cizalla había alcanzado ya el estadio avanzado que hoy observamos, con pliegues de dirección NO-SE subparalelos a las fallas en dirección y fallas de Riedel que deforman los pliegues.

Memoria

En estas condiciones, se produjo la transgresión de la plataforma arrecifal de Los Haitises a inicios del Plioceno, conectando el mar las actuales costas septentrional y meridional 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 eustáticas y la tectónica transpresiva, que en última instancia forzó la regresión que elevó la plataforma a alturas superiores a 300 metros, dando lugar a un karst subtropical. Donde la disolución y la erosión mecánica han desmantelado el arrecife, aparecieron extensas superficies de erosión sometidas a procesos de argilización, como la existente al sur de Miches, que en la actualidad está siendo incidida por la red fluvial.

7. GEOLOGÍA ECONÓMICA

7.1. Hidrogeología

7.1.1. Climatología e hidrología

El territorio ocupado por la Hoja de Miches está afectado por un típico clima tropical, con temperaturas anuales medias que varían entre 25-26°C en la llanura costera (estaciones de Sabana de la Mar y Miches) y 26-27°C al sur de la cordillera (estaciones de Hato Mayor y El Seibo). Las temperaturas máximas medias ascienden a 29,5-30,5 °C en la franja costera y a 32-33 °C en el sector meridional, en tanto que las mínimas medias descienden a 20,5-21,5°C y 20-21°C, respectivamente, lo que indica el efecto suavizador del océano ante los cambios de temperatura. Aunque no existen estaciones que lo constaten, en el sector montañoso deben disminuir todos los valores anteriores.

En cuanto a las precipitaciones, sus valores anuales medios son de 1.950-2.050 en el litoral y 1.300-1.550 en el interior. Estos valores pluviométricos, elevados en la zona costera, son incrementados de forma irregular por las tormentas tropicales y los huracanes. En cuanto a la evapotranspiración potencial, varía entre los 1.461 mm/año de Sabana de la Mar y los 1.231 mm/año de El Seibo.

Ya que la mayor parte de los afloramientos de la Hoja están constituidos por materiales de baja permeabilidad, la mayor parte de la escorrentía se resuelve superficialmente, por lo que la red fluvial está constituida por una densa red de ríos y arroyos de carácter permanente, que pueden ser afectados por crecidas rápidas y violentas.

En la vertiente septentrional de la cordillera son cursos de corto recorrido, excepción hecha del río Yabón, que alcanza la Llanura Costera de Sabana de la Mar tras discurrir más de 40 km. Los de la vertiente meridional son cortos también en general, pero en este caso se trata de tributarios de algunos de los principales ríos del sureste dominicano, destacando entre éstos el río Soco.

7.1.2. Hidrogeología

En el cuadro adjunto (Fig. 7.1.) se resumen las unidades o agrupaciones hidrogeológicas consideradas en la Hoja de Miches. En él se señalan, para cada unidad o agrupación hidrogeológica, su litología predominante, el grado 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 porosas y fisuradas*, que constituyen *acuíferos de permeabilidad muy alta a alta y productividad alta*. Son los conjuntos calcáreos cretácico y eoceno, afectados por una intensa karstificación.
- *Formaciones porosas*, que constituyen *acuíferos de permeabilidad alta*, pero de productividad limitada debido a sus dimensiones. Destacan los depósitos de los fondos de valle y de las terrazas.
- *Formaciones porosas*, que constituyen *acuíferos de permeabilidad variable y productividad media*. Son los abanicos aluviales y los conos de deyección.
- *Formaciones porosas y fisuradas*, que constituyen *acuíferos de permeabilidad variable y productividad media*. Son los conglomerados eocenos.
- *Formaciones fisuradas*, que constituyen *acuíferos de permeabilidad baja-media, poco significativos*. Corresponden a los materiales volcánicos, volcano-sedimentarios y areniscosos del Cretácico.
- *Formaciones de baja permeabilidad y sin acuíferos significativos*. Se trata de los depósitos margosos eocenos y los lutíticos cuaternarios, además de los productos de alteración.

Memoria

FIG. 7.1

Ya que existe un claro predominio de afloramientos de baja permeabilidad, la mayor parte de las abundantes precipitaciones se traducen en escorrentía superficial, lo que hace que se cubran mediante ella las demandas hídricas. Como consecuencia de las importantes aportaciones de los cursos fluviales, los recursos subterráneos carecen de interés debido a la reducida superficie de afloramiento de los materiales acuíferos, que se concentran principalmente en el sector meridional.

Se carece de datos sobre parámetros hidráulicos y relativos al funcionamiento hidrogeológico, pero en cualquier caso, la principal recarga de los acuíferos es debida a la infiltración directa del agua de lluvia. Localmente pueden producirse trasvases entre los acuíferos detríticos cuaternarios y los carbonatados cretácico-eocenos, especialmente en el ámbito de El Grumo y de Yabón.

En cuanto a la descarga, además de los trasvases citados, se producen pérdidas por circulación a través de fallas y de aportes a los cursos fluviales.

7.2. Recursos minerales

Los indicios identificados en la Hoja de Miches corresponden mayoritariamente al grupo de las rocas Industriales y Ornamentales, quedando reducidos los metálicos a tres indicios de oro aluvionar (Fig. 7.2).

Aunque en el sector noroccidental afloran las rocas de la Fm Los Ranchos, no denotan presencia alguna de mineralización.

7.2.1. Minerales Metálicos

Los tres indicios metálicos citados corresponden a oro aluvionar, situándose en la vertiente septentrional de la cordillera Oriental, en las inmediaciones de la llanura costera, concretamente en los lechos del arroyo Los Guineos y de los ríos Llanada y Jayán, donde tradicionalmente se han lavado los aluviones para extraer oro.

Esta actividad extractiva, muy extendida y de la larga tradición en la región, tuvo su apogeo en las décadas de los años 1940 y 1950, para ir paulatinamente decayendo hasta sus niveles testimoniales, de hoy día.

Fig 7.2

La actividad es intermitente, llevándose a cabo sólo cuando los agricultores necesitan un aporte económico extra, y su rentabilidad, mínima, dado el número de horas que han de dedicar varias personas para extraer una cantidad significativa.

7.2.2. Rocas Industriales y Ornamentales

La actividad extractiva se ha centrado en canteras de materiales para construcción, reparación y mantenimiento de la red viaria de la zona; como en el caso de la carretera que une las poblaciones de Miches y El Seibo.

Tienen en común su pequeño tamaño, su carácter intermitente y su práctica falta de mecanización, así como el limitar la explotación a los niveles superficiales, alterados, de la roca correspondiente, en los que no es necesario el empleo de perforación y explosivos para realizar el arranque.

La mayoría de estas canteras se localizan sobre la Fm Las Guayabas, explotándose diversas litologías, situándose sólo dos en la Fm Los Ranchos.

Es destacable la existencia de una explotación de margo-calizas de reciente apertura en la carretera de Miches a Las Lisas.

7.2.2.1 Descripción de las Sustancias.

Mayoritariamente se explotan areniscas, tufitas, lutitas y rocas volcánicas de distinta naturaleza, pertenecientes a la Fm Las Guayabas, excepción hecha de dos canteras que explotan rocas volcánicas de naturaleza basáltico-andesítica, localizadas en la Fm Los Ranchos.

Todas se sitúan en los bordes de caminos y carreteras para que el transporte al punto de utilización sea mínimo, y tienen una actividad intermitente, según la necesidad se presente. No obstante, hay alguna de ellas que llevan abandonadas 30 años.

La cantera de margo-calizas y arenas citada es de reciente apertura y explota los niveles superiores de los sedimentos cuaternarios que forman parte de la llanura costera.

7.2.3. Potencial minero

7.2.3.1 Minería Metálica

El potencial de este tipo de sustancias es mínimo, estando ligado a la extracción artesanal y ocasional de oro aluvionar.

7.2.3.2 Rocas Industriales y Ornamentales.

La actividad en este sector está ligada al campo de las obras públicas, fundamentalmente a la construcción y a la reparación de la red viaria.

Los litotectos definidos no tienen características geotécnicas que les aseguren un panorama de explotación permanente y de exportación a otras zonas del país. Las reservas de todos ellos son grandes.

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.

En la Hoja de Miches se han inventariado dos Lugares de Interés Geológico: la Sección estratigráfica de la carretera de Miches y la superficie de La Herradura.

8.2. Descripción de los Lugares

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

- Sección estratigráfica de la carretera de Miches

Se localiza a lo largo de la carretera Miches-El Seibo, concretamente entre los parajes de la loma de los Gatos y el km 12, a lo largo del flanco meridional de un anticlinal de orientación NO-SE. A pesar de que se trata de una sección discontinua, muestra varios cortes de buena calidad y un buen lugar para la descripción del tramo inferior de la Fm Las Guayabas; ésta, que aflora en numerosos puntos de la región, no ofrece lugares donde establecer una sección tan completa. Su interés principal es de tipo estratigráfico, aunque las panorámicas que contiene hacen que posea un interés geomorfológico subordinado; por su utilización se puede considerar como científico y, por su influencia, regional.

La sección puede iniciarse en la loma de los Gatos; aunque no es visible el eje del anticlinal, el cambio en el buzamiento de la serie (hacia el sur), permite reconocer el inicio, cuyo primer afloramiento está constituido por un nivel de brechas de apariencia volcánica y de espesor de orden decamétrico, que aflora en el seno de un conjunto intensamente alterado.

Ascendiendo en la serie se pasa a unas facies más típicas de la Fm Las Guayabas, con areniscas y tobas de tonos marrones, estratificadas en niveles de orden decimétrico. En el paraje de El Morro aflora un conjunto de areniscas y tobas de tonos azulados, estratificadas en niveles de orden métrico, siendo frecuentes las laminaciones. En el ámbito de El Diez, la formación muestra un mayor contenido pelítico y nuevamente una estratificación en capas delgadas, adquiriendo aspecto esquistosado; aquí la cordillera muestra sus típicas arcillas rojas producto de la argilización, así como diversos deslizamientos puntuales.

El paraje de la loma Cajón descubre un nuevo resalte de areniscas y tobas azuladas, pero en este caso, afectado por una intensa deformación. Tras otro tramo de afloramiento de la formación bajo su aspecto de areniscas y tobas oscuras en niveles delgados, se llega, pasado el paraje de El Once, al mejor nivel guía de la Fm Las Guayabas: el nivel de radiolaritas del Mb Arroyo La Yabana, constituido aquí por una monótona sucesión de niveles silíceos oscuros de espesor decimétrico. Sobre él se observa nuevamente el aspecto común de la formación, antes de su desaparición total por el desarrollo de la argilización asociada a la superficie de La Herradura.

- Superficie de La Herradura

Se trata de un paraje peculiar, pues en él la cordillera Oriental carece de una divisoria marcada entre las vertientes atlánticas y caribeña, entre las que se ha desarrollado una superficie de erosión, posteriormente alterada y elevada por causas tectónicas. Aunque la superficie se extiende de este a oeste a lo largo de más de 30 km, el lugar propuesto para su observación está localizado entre los kilómetros 12 y 18 de la carretera de Miches-El Seibo; no obstante, algunas panorámicas alejadas de esta zona permiten una observación nítida de la superficie, como por ejemplo, desde el ámbito de la Montaña Redonda (Hoja de Las Lisas; 6474-IV) o desde el sector septentrional de la localidad de El Seibo. Su interés principal es de tipo geomorfológico; por su utilización se puede catalogar como de interés científico y por su influencia, regional.

A lo largo del tramo de carretera señalado, llama poderosamente la atención el intenso desarrollo del proceso de argilización, que prácticamente ha borrado cualquier vestigio de las rocas cretácicas preexistentes; los taludes de la carretera exponen una sucesión de arcillas de tonos rojos de más de 5 m. En primer término, la superficie no parece tan nítida como vista en perspectiva, ya que sobre ella se ha producido un cierto encajamiento de la red fluvial, cuyo resultado es un típico modelado en “medias naranjas”; en cualquier caso, la envolvente de los relieves observables constituye una superficie que pierde cota de forma progresiva de este a oeste.

En una curva muy cerrada, próxima al km 14, es posible una bella panorámica de la Llanura Costera de Sabana de la Mar y Miches y, más concretamente, de la flecha litoral de La Jina.

Descendiendo hasta Pedro Sánchez, es posible observar la elevación de la superficie con respecto al valle del río Seibo, así como el escarpe producido en relación con la falla de Yabón, de 300 m de desnivel.

9. BIBLIOGRAFÍA

ACUATER (2000). Mapa Hidrogeológico Nacional. Planicie Costera Oriental, mapa N° 9/1/3 Escala 1:50 000. Programa SYSMIN, Proyecto J. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

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 Antillas);. Un édifice de nappes Crétacé polyphase. Tesis Doctoral, Universidad Pierre y Marie Curie, París, 200 pp.

BOURDON, L. (1985). La Cordillère Orientale Dominicaine (Hispaniola, Grandes Antilles); Un arc insulaire Cretacé polystructure. Tesis Doctoral. Universidad Pierre y Marie Curie, París, 203 pp.

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

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

BOWIN, C. (1960). Geology of central Dominican Republic. Tesis Doctoral. Universidad de Princeton, Nueva Jersey, 211 pp.

- BOWIN, C. (1966).** Geology of the Central Dominican Republic. A case history of part of an island arc. En HESS, H. (ed.). Caribbean geological investigations. Geological Society of America, 98, 11-84.
- BOWIN, C. (1975).** The geology of Hispaniola. En NAIM, A. y STEHLI, F. (eds.). The ocean basins and margins. The Gulf of Mexico and the Caribbean. Vol. 3. New York, Plenum Press, 501-552.
- BURKE, K., FOX, P.J., SENGOR, M.C. (1978).** Buoyant ocean floor and the origin of the Caribbean. Journal of Geophysical Research, 83, 3949-3954.
- BURKE, K., GRIPPI, J., 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.
- CGG (COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE) (1999):** Informe final sobre la prospección magnética y radiométrica aereoportada del territorio de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto E. Servicio Geológico Nacional. Santo Domingo.
- 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. Tesis Doctoral, Universidad de Texas, Austin, 299 pp.
- DE ZOETEN, R., MANN, P. (1991).** Structural geology and Cenozoic tectonic history of the central Cordillera Septentrional, Dominican Republic. En MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F. (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 265-279.

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

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

SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL (SGN) (1986): Formaciones de la Cordillera Central de la República Dominicana. Santo Domingo.

SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL (SGN), BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (BGR); COOPERACIÓN MINERA DOMINICO-ALEMANA (1991). Mapa geológico de la República Dominicana Escala 1:250.000.

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

DOLAN, J.F., MULLINS, H.T., WALD, D.J. (1998). Active tectonics of the north-central Caribbean: Oblique collision, strain partitioning and opposing subducted slabs. En DOLAN, J.F., MANN, P. (eds.). Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Geological Society of America Special Paper, 326, 1-61.

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

DRAPER, G., GUTIERREZ, G., LEWIS, J.F. (1996). Thrust emplacement of the Española peridotite belt: Orogenic expression of the Mid Cretaceous Caribbean arc polarity reversal. *Geology*, 24, 1143-1146.

DRAPER, G., NAGLE, F. (1991). Geology, structure, and tectonic development of the Río San Juan Complex, northern Dominican Republic. En MANN, P.,

DRAPER, G., LEWIS, J.F. (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 77-95.

EDGAR, N.T. (1991). Structure and geologic development of the Cibao Valley, northern Hispaniola. En MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 281-299.

ESCUDE-RVIRUETE, J., HERNALZ HUERTA, P.P., DRAPER, G., GUTIÉRREZ-ALONSO, G., LEWIS, J.F., PÉREZ-ESTAÚN, A. (2002). Metamorfismo y estructura de la Formación Maimón y los Complejos Duarte y Río Verde, Cordillera Central Dominicana: implicaciones en la estructura y la evolución del primitivo Arco Isla Caribeño. En PÉREZ-ESTAÚN, A., TAVARES, I., GARCÍA CORTES, A., HERNALZ HUERTA, P.P. (eds.). Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. Acta Geológica Hispánica, 37, 123-162.

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

HERNALZ HUERTA, P.P., DRAPER, G. (2000). Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6172-II (Villa Altigracia) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto C. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo

HEUBECK, C. (1988). The Geology of the southeastern termination of the Cordillera Central, Dominican Republic. Tesis Doctoral. Universidad de Texas, Austin, 333 pp.

KESLER, S.E., RUSSELL, N., POLANCO, J., McCURDY, K., CUMMING, L. (1991a). Geology and Geochemistry of the Early Cretaceous Los Ranchos Formation, Central Dominican Republic. En MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate

boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 187-201.

KESLER, S.E., SUTTER, J.F., BARTON, J.M., SPECK, R.C. (1991b). Age of Intrusive Rocks in Northern Española. En MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 173-186.

LEBRÓN, M.C., MANN, P. (1991). Geologic Map of the Eastern Dominican Republic. En MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 401 pp.

LEBRÓN, M.C., 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. Tesis Doctoral. Universidad de Nueva York, Albany, 688 pp. (Inédito).

MANN, P., BURKE, K., MATSUMOTO, T. (1984). Neotectonics of Hispaniola; Plate motion, sedimentation and seismicity at a restraining bend. Earth and Planetary Science Letters, 70, 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. (1991b). An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola. En MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (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., DRAPER, G. (2000).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 6172-I (Hatillo) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto C. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo
- MERCIER DE LEPINAY, B. (1987).** L'évolution géologique de la bordure Nord-Caraïbe: L'exemple de la transversale de l'île d'Hispaniola (Grandes Antilles). Tesis Doctoral, Universidad Pierre y Marie Curie, 378 pp. (Inédito).
- NAGLE, F., PACHER, H.C., ANTONINI G.A. (1979).** Hispaniola Tectonic Focal Point of the Northern Caribbean. Three tectonic studies in the Dominican Republic. En LIDZ, B. y TAGLE, F. (eds.). Geological Society. Miami.
- NELSON C.E. (2000).** Volcanic domes and gold mineralization in the Pueblo Viejo district, Dominican Republic. *Mineralium Deposita*, 35, 511-525.
- PEARCE, J.A., HARRIS, N.B.W., TINDLE, A.G. (1984).** Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, *Journal of Petrology*, vol.25, 956-983.
- PEARCE, J.A., ALABASTER, T., SHELTON A.W., SEARLE, M.P. (1981).** The Oman ophiolite as a Cretaceous arc-basin complex: evidence and implications. *Phil. Trans. R. Soc. Lon.*, A300, 299-317.
- PÉREZ-ESTAÚN, A., TAVARES, I., GARCÍA CORTES, A., HERNAIZ, P.P., Eds. (2002).** Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. *Acta Geologica Hispanica*, 37, 77-80.
- PINDELL, J.L., DRAPER, G. (1991).** Stratigraphy and Geological History of the Puerto Plata Area, Northern Dominican Republic. En MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. *Geological Society of America Special Paper*, 262, 97-114.
- PROINTEC (1999).** Prevención de Riesgos geológicos (Riesgo sísmico). Programa SYSMIN, Proyecto D. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

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

SMILEY, J. (1982). Cretaceous plants from the Dominican Republic. Compañía Rosario Dominicana S.A., República Dominicana. Informe interno (Inédito).

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

WINSLOW, M.A., GUGLIELMO, G. Jr., NADAI, A.C., VEGA, L.A. McCAAN, W.R. (1991). Tectonic evolution of the San Francisco Ridge of the eastern Cibao Basin, northeastern Hispaniola. En MANN, P., DRAPER, G. LEWIS, J.F. (eds.). *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. 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*, 50, 11-30.