



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL  
REPÚBLICA DOMINICANA

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

**LA DESCUBIERTA  
(5871-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 (SGN).

Han participado los siguientes técnicos y especialistas:

#### CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

- Ing. Pedro Pablo Hernaiz Huerta (INYPSA)

#### COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Pedro Pablo Hernaiz Huerta (INYPSA)

#### SEDIMENTOLOGÍA Y LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS

- Ing. Lluís Ardévol Oró ( GEOPREP)

#### MICROPALAEONTOLOGÍA

- Dr. Luis Granados (Geólogo Consultor)

#### PETROGRAFÍA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

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

#### PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS

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

#### GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

- Ing. Pedro Pablo Hernaiz (INYPSA)

#### GEOMORFOLOGÍA

- Ing. Joan Escuer (GEOCONSULTORES TÉCNICOS Y AMBIENTALES)

#### MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS

- Ing. Eusebio Lopera Caballero (IGME)

#### TELEDETECCIÓN

- Ingra. Carmen Antón Pacheco (IGME)

#### INTERPRETACIÓN DE LA GEOFÍSICA AEROTRANSPORTADA

- Dr. Jose Luis García Lobón (IGME)

#### DATAACIONES ABSOLUTAS

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

#### DIRECTOR DEL PROYECTO

- Ing. Eusebio Lopera Caballero (IGME)

#### SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE LA UNIÓN EUROPEA

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

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

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

#### SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DEL SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

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

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

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

- Muestras y sus correspondientes preparaciones
- Fichas petrográficas y/o micropaleontológicas de cada una de las muestras

- Mapas de muestras
- Álbum de fotos
- Lugares de Interés Geológico

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

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

Y los siguientes Informes Complementarios

- Informe Sedimentológico del Proyecto L (Zonas Este y Suroeste)
- Informe de Petrología y Geoquímica de las Rocas Ígneas y Metamórficas del Proyecto L (Zonas Este y Suroeste)
- Informe de Interpretación de la Geofísica Aerotransportada del Proyecto L (Zonas Este y Suroeste)
- Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método U/Pb (Proyectos K y L)
- Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método Ar/Ar (Proyectos K y L)
- Informe/Catálogo de macroforaminíferos seleccionados (Proyectos K y L)

## RESUMEN

La Hoja de La Descubierta se localiza en el sector centro-occidental de la sierra de Neiba si bien su franja meridional pertenece a la depresión de Enriquillo donde se ubica el lago que le da nombre. El relieve es acusado con un contraste de más de 2000 m entre las cotas del interior de la sierra y las de los márgenes (-35 m) o el fondo (-80 m) del lago.

El registro estratigráfico más o menos continuo comienza en el Eoceno Inferior con el desarrollo de una extensa plataforma carbonatada, relativamente uniforme, que fue el medio de depósito de la Fm Neiba (*sensu lato*) y sus equivalentes, hasta el Mioceno Inferior. Durante buena parte del Eoceno, estos depósitos carbonatados coexistieron o fueron sustituidos por materiales volcánicos de signatura toleítica a alcalina (OIT a OIA) que se agrupan bajo la nueva denominación de Complejo Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba y se interpretan producidos en un contexto de intraplaca asociados al desarrollo de una pluma mantélica.

La sedimentación de la Fm Sombrero durante el Mioceno muestra los primeros signos de inestabilidad en la región: mientras que en áreas meridionales compartidas parcialmente por la Hoja persisten los ambientes de plataforma, en sectores septentrionales, también representados en ella, sus facies más características se depositan en una cuenca turbidítica. Con una posición intermedia entre ambas, la unidad de Cortadero, de nueva denominación en esta Hoja y equivalente en edad de la Fm Sombrero, puede representar las facies de tránsito entre uno y otro dominio.

El avance hacia el sur de la Cordillera Central desde zonas más septentrionales, tiene sus primeros efectos en la zona de estudio a partir del Mioceno Superior con el levantamiento incipiente de la sierra de Neiba y la configuración de las cuencas contiguas de San Juan y Enriquillo, si bien el desarrollo de la primera es anterior como cuenca antepaís de la citada cordillera. El relleno de la cuenca de Enriquillo se extiende hasta el Pleistoceno con una tendencia somerizante resultado del progresivo levantamiento de las sierras limítrofes (Neiba, Bahoruco y Martín García) cuyo principal impulso se produce a partir del Plioceno Inferior-Medio. En la Hoja de La Descubierta el registro de esta cuenca es incompleto al estar exclusivamente representado por las facies marginales (marinas con influencias continentales) de la Fm Arroyo Blanco y sus equivalentes de techo netamente continentales

(Fm Arroyo Seco), y por la Fm Jimaní (transición de facies litorales a facies lacustres y de abanicos aluviales).

Una última invasión del mar propició la sedimentación del arrecife holoceno que rodea periféricamente al Lago Enriquillo. El resto de formaciones cuaternarias, en parte simultáneas con el arrecife, son principalmente abanicos aluviales y conos de deyección cuyo depósito está relacionado con la última creación de relieve.

La estructura regional se produce en un contexto compresivo (convergencia oblicua) regulado por desgarres sinestrales o, quizá, en un contexto transpresivo levógiro. En la sierra de Neiba está definida por pliegues de longitud de onda kilométrica, generalmente limitados por fallas inversas o cabalgamientos de alto ángulo, y una intensa fracturación, en parte singenética con aquellos, en parte sobreimpuesta que, en conjunto configuran un domo de geometría anticlinorial “en flor” elevado más de 2000 m y cabalgante sobre la cuencas contiguas de San Juan y Enriquillo.

## ABSTRACT

The La Descubierta sheet is located in the central-western part of the Sierra de Neiba, although its southern strip belongs to the Enriquillo depression where the lake of the same name is sited. The relief is pronounced, with a difference of more than 2000 m between the average heights at the top of the sierra and on the banks (-35 m) or at the bottom (-80 m) of the lake.

The continuous stratigraphic record starts in the Lower Eocene with the onset of an extensive relatively uniform carbonated platform that was the depositional environment for the Neiba (*sensu lato*) and equivalent formations up to the Lower Miocene. During most of the Eocene, these carbonated deposits coexisted with or were replaced by volcanic materials of a tholeiitic to alkaline signature (OIT to OIA) that have been grouped under the new denomination of Complejo Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba and are interpreted to have been produced in an intraplate context under the effect of a mantle plume.

The sedimentation of the Sombrerito Fm during the Miocene reveals the first signs of regional instability: whereas in southern areas partially shared by the sheet the platform environments were still active, in northern areas also represented on the sheet its most representative facies were deposited in a turbiditic basin. It is suggested that the Cortadero unit, with the same age as the Sombrerito Fm, may represent the transitional facies between these two domains.

The advance of the Cordillera Central to the south from northern areas produced its first effects in the study area during the Upper Miocene, in terms of an incipient uplift of the Sierra de Neiba and the outlining of the neighbouring San Juan and Enriquillo basins, although the San Juan basin actually started to develop some time before as the foreland basin of the aforementioned cordillera. The infilling of these basins continued until the Pleistocene with a general upwelling pattern resulting from the progressive uplifting of the bordering sierras; in the Sierra de Neiba (and Sierras de Bahoruco and Martín García) this uplift reached its maximum rate from the Lower to Middle Pliocene onwards. On the La Descubierta sheet the stratigraphic record of this basin is not complete as it is exclusively represented by the marginal facies (marine with continental influence) of the Arroyo Blanco Fm and their entirely

continental upper equivalents (Arroyo Seco Fm) and by the Jimaní Fm (transitional from coastal to lacustrine facies plus alluvial fan deposits).

A later invasion of the sea favoured the sedimentation of the Holocene reef that peripherally surrounds the Enriquillo lake. The rest of Quaternary formations, partially coeval with the reef, are mainly alluvial fans deposited as a result of the recent growth of the relief.

The regional structure was developed in a compressive (oblique collision) context ruled by strike-slip faults or, perhaps, in a left lateral transpressive context. In the Sierra de Neiba the structure is defined by folds of kilometric scale, generally limited by reverse faults or high angle thrusts, and by an intense, partially coeval, partially superimposed faulting that altogether makes up a large anticlinorial flower structure, uplifted more than 2000 m and thrust over the neighbouring San Juan and Enriquillo basins.

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Metodología</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Situación geográfica, fisiografía y economía</b> .....	<b>5</b>
<b>1.3. Marco Geológico</b> .....	<b>9</b>
<b>1.4. Antecedentes</b> .....	<b>15</b>
<b>2. ESTRATIGRAFIA</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1 Paleógeno</b> .....	<b>22</b>
<u>2.1.1 Eoceno Inferior-Mioceno Inferior</u> .....	<u>22</u>
2.1.1.1 Fm Neiba inferior (nom. nov.) (1). Calizas en bancos o masivas de tonos grises, ocasionalmente con sílex. Eoceno Inferior-Medio. $P_2^{1-2}$ .....	25
2.1.1.2 Fm Neiba superior (nom. nov.) (6). Calizas tableadas, frecuentemente con sílex. Eoceno Medio-Superior. $P_2^2-N_1$ .....	29
2.1.1.3 Fm Neiba brechoide o indiferenciada (nov. nom.) (2). Calizas masivas, generalmente arrecifales, mal estratificadas y frecuente aspecto brechoide, carnional o pulverulento, con niveles subordinados de calizas tableadas, margas y margocalizas. Eoceno Inferior-Superior. $P_2^{1-3}$ .....	31
2.1.1.4 Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba (nov. nom.) (3). Tufitas laminadas y brechas volcánicas masivas de composición básica, con ocasionales intercalaciones de basaltos y andesitas. Eoceno Medio-Superior. $P_2^{2-3}$ .....	33
2.1.1.5 Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba (nov. nom.). Alternancia de calcarenitas ocre-amarillentas con laminaciones y ripples, margocalizas, margas y tufitas (4). Margas ocreas con intercalaciones de calcarenitas (5). Eoceno Medio-Superior. $P_2^3$ .....	35

2.1.1.6 Petrología del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba. ....	37
2.1.1.7 Geoquímica del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba ....	40
<b>2.2 Neógeno-Cuaternario (Pleistoceno).....</b>	<b>48</b>
<u>2.2.1 Mioceno .....</u>	<u>48</u>
2.2.1.1 Fm Sombrerito (7). Brecha volcanosedimentaria de composición básica. Mioceno. N <sub>1</sub> .....	49
2.2.1.2 Fm Sombrerito (8) Alternancia de margas, margocalizas (subordinadas) y calcarenitas laminadas y con <i>ripples</i> , de tonos ocre. Mioceno. N <sub>1</sub> .....	50
2.2.1.3. Fm Sombrerito. Unidad de Cortadero (nom. nov.) Alternancia de calcarenitas, margocalizas y margas bien estratificadas, de tonos blancos (9). Calizas masivas ¿arrecifales? de tonos rojizos (10). Mioceno- ¿Plioceno Inferior?. N <sub>1</sub> .....	51
2.2.1.4. Fm Sombrerito (11). Mb Barahona (nom. nov.). Calizas masivas de tonos beige, de aspecto brechoide o carniolar. Mioceno. N <sub>1</sub> .....	54
<u>2.2.2 Plioceno-Pleistoceno .....</u>	<u>55</u>
2.2.2.1. Fm Arroyo Blanco. Margas de tonos claros o amarillentos con intercalaciones subordinadas de areniscas, conglomerados calizas y niveles de arrecifes (12). Nivel de arrecife (13). Conglomerados y margas de tonos claros o amarillentos con intercalaciones subordinadas de areniscas (14) Plioceno. N <sub>2</sub> .....	55
2.2.2.2. Fm Arroyo Seco (15). Conglomerados calcáreos, masivos o groseramente estratificados, de tonos rojizos, con intercalaciones subordinadas de lutitas y limos arenosos. Plioceno Superior. N <sub>2</sub> .....	58
2.2.2.3. Fm Jimaní. Alternancia de niveles bien estratificados de calizas con gasterópodos, calizas con corales y margas de tonos claros (16). Alternancia de calizas arrecifales y conglomerados de tonos rojizos (17). Calizas arrecifales de tonos rojizos (18). Alternancia de calizas arrecifales y conglomerados de tonos rojizos (19). Pleistoceno. Q <sub>1-3</sub> .....	59
<b>2.3 Cuaternario (Pleistoceno sup.-Holoceno) .....</b>	<b>63</b>
<u>2.3.1. Depósitos cuaternarios litorales relacionados con la evolución del Lago Enriquillo</u> <u>.....</u>	<u>63</u>

2.3.1.1. Arrecife subactual. Limos, areniscas y conglomerados aluviales asociados (20). Arrecife de coral (21). Bioconstrucción de algas (22). ¿Pleistoceno?-Holoceno. ¿Q <sub>1-4</sub> ?- Q <sub>4</sub> .....	63
<b><u>2.3.2. Depósitos cuaternarios asociados a la dinámica fluvial.....</u></b>	<b>66</b>
2.3.2.1. Abanicos aluviales y conos de deyección de la vertiente sur de la sierra de Neiba: conglomerados calcáreos, bien (23 y 24) o variablemente cementados (25 y 26), con intercalaciones de arenas y limos. Abanicos aluviales y conos de deyección indiferenciados (27). Pleistoceno sup.-Holoceno. Q <sub>1-4</sub> .....	66
2.3.2.2. Terrazas. Gravas, arenas y limos (29).Pleistoceno sup.-Holoceno. Q <sub>1-4</sub> .....	67
2.3.2.3. Aluvial-coluvial. Limos y arenas con cantos y niveles de conglomerados (31). Holoceno. Q <sub>4</sub> .....	67
2.3.2.4. Fondo de valle (depósitos localmente discontinuos) (35). Cantos, arenas y gravas. Holoceno. Q <sub>4</sub> .....	67
<b><u>2.3.3 Depósitos cuaternarios asociados a la dinámica gravitacional .....</u></b>	<b>68</b>
2.3.3.1. Deslizamientos de ladera (28). Bloques y masas calcáreas y de rocas volcánicas, con cantos, arenas y limos. Pleistoceno sup.-Holoceno. Q <sub>1-4</sub> .....	68
2.3.3.2. Coluviones (30). Limos, arenas y cantos. Holoceno. Q <sub>4</sub> .....	68
<b><u>2.3.4 Depósitos cuaternarios derivados de la meteorización química .....</u></b>	<b>68</b>
2.3.4.1. Depósitos de fondo de dolina (32). Arcillas de descalcificación. Holoceno. Q <sub>4</sub> .....	68
<b><u>2.3.5 Depósitos cuaternarios asociados a áreas lacustres y endorreicas .....</u></b>	<b>69</b>
2.3.5.1 Relleno de zonas endorreicas. Limos y arenas con cantos (33). Holoceno. Q <sub>4</sub> .....	69
2.3.5.2. Depósitos lacustres asociados a los márgenes del Lago Enriquillo. Limos y arenas laminadas (34). Holoceno. Q <sub>4</sub> .....	69
<b>3.TECTONICA.....</b>	<b>70</b>
<b>3.1 Introducción. Contexto Geodinámico .....</b>	<b>70</b>
<b>3.2. Marco geológico estructural de la zona de estudio .....</b>	<b>75</b>

---

<b>3.3 La estructura de la zona de estudio</b> .....	<b>77</b>
<u>3.3.1 La estructura de la Sierra de Neiba</u> .....	<u>77</u>
<u>3.3.2. La fracturación. La falla de Enriquillo</u> .....	<u>87</u>
<u>3.3.3. Correlación de la estructura con el mapa de aeromagnético</u> .....	<u>91</u>
<b>3.4. Modelo de evolución tectónica de la zona de estudio y edad de la deformación</b> .....	<b>94</b>
<b>4. GEOMORFOLOGÍA</b> .....	<b>100</b>
<b>4.1. Análisis geomorfológico</b> .....	<b>100</b>
<u>4.1.1. Estudio morfoestructural</u> .....	<u>100</u>
4.1.1.1. Formas estructurales.....	101
<u>4.1.2. Estudio del modelado</u> .....	<u>102</u>
4.1.2.1. Formas gravitacionales.....	103
4.1.2.2. Formas fluviales .....	103
4.1.2.3. Formas lacustres y endorreicas.....	105
4.1.2.4. Formas marinas-litorales .....	105
4.1.2.5. Formas por meteorización química.....	105
4.1.2.6. Formas poligénicas .....	106
<b>4.2. Evolución e historia geomorfológica</b> .....	<b>107</b>
<b>5. HISTORIA GEOLÓGICA</b> .....	<b>110</b>
<b>5.1. El <i>plateau</i> oceánico del Cretácico superior</b> .....	<b>111</b>
<b>5.2. La cuenca paleógena</b> .....	<b>113</b>
<b>5.3. Las cuencas neógenas</b> .....	<b>114</b>
<b>5.4. La evolución holocena</b> .....	<b>116</b>
<b>6.GEOLOGÍA ECONÓMICA</b> .....	<b>118</b>

---

---

<b>6.1. Hidrogeología .....</b>	<b>118</b>
<u>6.1.1. Climatología e hidrología .....</u>	<u>118</u>
<u>6.1.2. Hidrogeología .....</u>	<u>119</u>
<b>6.2. Recursos minerales .....</b>	<b>124</b>
<u>6.2.1. Sustancias energéticas .....</u>	<u>124</u>
6.2.1.1. Aspectos generales e historia de la exploración petrolífera .....	125
6.2.1.2. Potencial petrolífero.....	127
<u>6.2.2. Rocas industriales.....</u>	<u>128</u>
6.2.2.1. Descripción de Sustancias .....	128
6.2.2.2. Potencial Minero.....	129
<b>7. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO .....</b>	<b>130</b>
<b>7.1. Relación de los L.I.G. ....</b>	<b>130</b>
<b>7.2. Descripción de los Lugares.....</b>	<b>131</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>135</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Metodología

Debido al carácter incompleto y no sistemático del mapeo de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través de la Dirección General de Minería (DGM), se decidió a abordar a partir de finales de la década pasada, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea, en concepto de donación. En este contexto, el consorcio integrado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) e Informes y Proyectos S.A. (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 de la Dirección General de Minería (DGM), del denominado Proyecto L, cuyo desarrollo se ha producido simultáneamente al del Proyecto K, adjudicado al mismo consorcio.

Este Proyecto comprende, a su vez, dos zonas bien diferenciadas, denominadas Zona L-Este y L-Suroeste, que se localizan en prolongación hacia el este y el oeste, respectivamente, del Proyecto C, primer proyecto de estas características que fue ejecutado en el periodo 1997-2000. El Proyecto L incluye, entre otros trabajos, la elaboración de 21 Hojas Geológicas a escala 1:50.000 que componen la totalidad o parte de los siguientes cuadrantes a escala 1:100.000 (Fig 1.1.1):

#### Zona L-Este:

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

Fig. 1.1.1

Mapa indice zona de proyecto con ubicación de la Hoja

### Zona L-Suroeste

- Jimaní (La Descubierta, 5871-I; Duvergé, 5871-II; Jimaní, 5871-III y Boca Cachón, 5871-IV)
- Neiba (Villarando, 5971-I; Vicente Noble, 5971-II; Neiba, 5971-III y Galván, 5971-IV)
- Barahona (Barahona, 5970-I y Las Salinas, 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 son numerosas las alusiones a otras Hojas, en especial a las que integran los cuadrantes a escala 1:100.000 de Jimaní, Barahona y Azua.

Durante la confección de la Hoja a escala 1:50.000 de La Descubierta se ha utilizado la información disponible, de procedencia muy diversa, principalmente tesis y publicaciones monográficas, pero también trabajos de investigación hidrogeológica, minera o de exploración de hidrocarburos. La cartografía se ha realizado, principalmente, con el apoyo de las fotografías aéreas a escala 1:40.000 del Proyecto MARENA (1983-84) o, donde no existía cobertura de éstas, con las de escala 1:60.000 (1960), cedidas por la DGM. Los estudios fotogeológicos se han completado con la interpretación de las imágenes de satélite Spot P, Landsat TM y SAR. Para la identificación y seguimiento de estructuras profundas o subaflorescentes ha sido de gran utilidad el Mapa Aeromagnético de la República Dominicana (CGG, 1999) (Fig. 1.1.2)

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 diseñó la cartografía Geomorfológica y de Procesos Activos Susceptibles de Constituir Riesgos Geológicos del cuadrante correspondiente, a escala 1:100.000.

Fig. 1.1.2

Mapa aeromag de la RD con ubicación de la zona de proyecto

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

## **1.2. Situación geográfica, fisiografía y economía**

Desde el punto de vista fisiográfico, la Zona Suroeste del Proyecto L se caracteriza por la presencia de una planicie interna, el valle de Enriquillo o de Neiba, delimitada al norte y al sur y por relieves marginales de alta elevación, respectivamente las sierras de Neiba y de Bahoruco (Fig 1.2.1). En la zona de proyecto, la sierra de Neiba está representada por sus dos terceras partes más meridionales, dentro de las cuales se incluyen sus relieves principales, mientras que la sierra de Bahoruco lo hace con su vertiente norte, que se articula en algunas depresiones internas de tamaño variable entre las que destacan las de Angostura o El Limón. Adicionalmente hay que considerar también la sierra de Martín García cuyas estribaciones occidentales penetran en el sector más oriental de la zona de estudio.

El elemento más definitorio de la planicie de Enriquillo es el lago de agua salada del que toma su nombre, que ocupa aproximadamente su mitad occidental. Al SO, hay que indicar también la presencia de la laguna de Rincón, igualmente de agua salada. En ambos casos se trata de elementos clave en el esquema fisiográfico general del valle, en particular el lago Enriquillo, que representa la base de drenaje del flujo superficial y subterráneo de la región. El río más importante de la planicie es el Yaque del Sur, que discurre por su extremo oriental. Este río llega desde el área del pueblo de Barranco, y se extiende en dirección SO, hasta el pueblo de Tamayo. Aguas abajo de Tamayo, la dirección del río se modifica radicalmente, hacia el SE y E para cruzar un área de alto estructural (laguna de Rincón-Sierra de Martín García). Después su curso gira nuevamente hacia el SO, hasta llegar a las proximidades del pueblo de Cabral y de la laguna de Rincón, desde donde se enfila definitivamente hacia el E para salir al mar Caribe. El resto de los cursos de agua de la zona de proyecto no alcanza la categoría del Yaque por tratarse, en general, de cursos estacionales, aunque algunos de ellos lleguen a ser caudalosos en la época de lluvias.

Fig 1.2.1

Dominios fisiográficos de la RD

Fig 1.2.2

Modelo digital zona L-SO

Desde el punto de vista administrativo, la zona de proyecto ocupa las provincias de Bahoruco, Independencia, Barahona y San Juan con una población total estimada en algo más de 300.000 habitantes, de los cuales aproximadamente el 40% vive en zonas rurales y el 60% en los principales municipios, entre los que destacan los siguientes (Acuater, 2000): Barahona (77.000 habitantes), Neiba (47.000), Tamayo (22.000), Vicente Noble (21.000), Galván (16.000), Cabral (16.000), Duvergé (15.000), Villa Jaragua (12.000), Jimaní (9.000), Fundación (9.000) Los Ríos (8.000) La Descubierta (7.000) Las Salinas (7.000), Cristóbal (6.000) y Postrer Río (6.000).

La tasa media de analfabetismo en la zona se estima en un 32%, mientras que la población activa apenas sobrepasa el 30%. La principal actividad productiva de la región es la agricultura y a gran distancia de ésta, los servicios comunales y sociales, alguna industria manufacturera, la construcción y el comercio y el turismo. Dentro de la actividad agrícola, los principales cultivos son el plátano y la caña de azúcar, principalmente, en la planicie; y el café, guandules, habichuelas y productos hortícolas en las lomas. Respecto al turismo, hay que decir que la actividad principal se centra en algunos buenos hoteles que hay en Barahona y en los primeros kilómetros costa al sur de esta localidad. Por lo que concierne al turismo ambiental, está todavía en ciernes, pese a que la región cuenta con grandes posibilidades, sobre todo en torno a la explotación de los Parques Naturales que existen en la zona de proyecto o sus proximidades: Sierra de Neiba, La Descubierta-Isla Cabrito, Laguna de Rincón y Sierra de Bahoruco.

Pertenciente al cuadrante de Neiba, la Hoja a escala 1:50.000 de La Descubierta (5871-I) se localiza a unos 120-140 km en línea recta al O de la capital Santo Domingo y no más de 10-20 km al este de la frontera con Haití. En vehículo, su principal vía de acceso por el sur, es la carretera de Barahona y desde ésta, la carretera periférica del Lago Enriquillo que conduce hacia Clavellinas, Los Ríos, Postrer Río y, finalmente, La Descubierta. Desde algunas de estas localidades parten pistas en buen estado que penetran hasta los sectores centro-septentrionales de la Hoja (pistas de El Higo de La Cruz, desde las proximidades de Los Ríos, y pista de Los Bolos-Maniel desde Guayabal, que con buen tiempo suelen estar comunicadas). Desde la vertiente norte no hay accesos en vehículo y la aproximación a los relieves más septentrionales de la Hoja se ha realizado a pie desde la localidad de El Cercado.

La parte central y, sobre todo, septentrional de la Hoja de La Descubierta coincide con los fuertes relieves que constituyen el núcleo de la Sierra de Neiba, donde existen algunas áreas que superan los 2.000 m de altitud (Fig. 1.2.2). La cota más alta en la Hoja, de 2.279 m, se sitúa en su sector NE, relacionada con el firme de Sabana de El Silencio. Desde estos sectores septentrionales de la Hoja, se observa una paulatina pero acentuada pérdida de más de 2000 m de cota, hasta enlazar con los 0-10 m.s.n.m. de la planicie del valle de Enriquillo. Si se tiene en cuenta que los márgenes emergidos del lago Enriquillo se sitúan a cotas de -40 m.s.n.m. y que la profundidad de éste llega a los 40 m, en esta vertiente meridional se puede hablar de desniveles de 2.300-2.400 para distancias de apenas 10 a 14 km.

Los relieves de la Hoja siguen mayoritariamente directrices NO-SE a E-O que vienen determinadas por la alineación de las sierras calcáreas de la formación Neiba y por los resaltes que dan algunas las litologías que conforman el margen septentrional de la cuenca de Enriquillo, especialmente determinados niveles conglomeráticos, calcáreos y calcareníticos.

La red fluvial está integrada por ríos, arroyos y cañadas de carácter estacional, que pueden llegar a ser muy caudalosos y con rápidas y violentas crecidas en la época de lluvias. Los más importantes son los ríos Barreras y Guayabal. Ambos desembocan en el lago Enriquillo que ocupa una amplia extensión de la Hoja en su sector S-SO.

### **1.3. Marco Geológico**

En el Proyecto L-Zona Suroeste, intervienen cuatro dominios geológicos que prácticamente coinciden con los cuatro dominios fisiográficos descritos en el apartado anterior, es decir, la sierra de Neiba, al norte, la sierra de Bahoruco, al sur y la sierra de Martín García, al este; estas tres sierras rodean periféricamente a la depresión de Enriquillo que, por su génesis se la debe considerar con rango de cuenca (Figs. 1.3.1 y 1.3.2). Las características de estos dominios son las siguientes:

Fig. 1.3.1

Esquema geológico de La Española con la ubicación de la zona de proyecto

Fig. 1.3.2

Esquema regional del sectores meridional de la RD

- **La sierra de Neiba** forma parte del denominado terreno de Presqu'île du Nord-Ouest-Neiba, unidad definida con poca precisión y que en su descripción original también incluye la cuenca de Enriquillo (Mann *et al.*, 1991b). Con directrices cambiantes de ONO-ESE a NO-SE o a E-O, determinadas por la sucesión, en relevo, de pliegues de gran radio y relativamente discontinuos en dirección, esta sierra está formada casi enteramente por litologías calcáreas de edad Eoceno-Mioceno Inferior (Fm Neiba y equivalentes) y, en menor proporción, por litologías margo-calcáreas de edad Mioceno (Fm Sombrerito y equivalentes). Aunque en las descripciones bibliográficas de esta sierra (p.e. Mann *et al.*, 1991b), ya se cita la presencia de formaciones volcanosedimentarias que supuestamente ocuparían el núcleo de estos anticlinales, durante la realización de esta Hoja y la contigua de Galván, se ha podido comprobar que estas formaciones, además de tener mayor extensión y continuidad que la previamente supuesta, no sólo no ocupan el núcleo de los anticlinales si no que están claramente intercaladas entre las formaciones calcáreas del Eoceno-Mioceno Inferior. Esta circunstancia hace que, con la excepción de un pequeño bloque o esquirla de materiales calcáreos que aflora en la Hoja de Galván asociado a rocas volcánicas, y que han sido bien datados como Cretácico Superior, por el momento se siga desconociendo la naturaleza del sustrato o basamento de esta sierra.

El contacto de la sierra de Neiba con la cuenca de Enriquillo responde a una secuencia de cabalgamientos de relativo alto ángulo con vergencia sur, retocados o asociados a desgarres

- La denominación del terreno Hotte-Selle-**Bahoruco** (Mann *et al.*, 1991b) procede de los nombres de las tres sierras contiguas, las dos primeras en Haití y la segunda en la República Dominicana que, con directrices generales ONO-ESE se extienden de oeste a este por todo el sector meridional de La Española. La formación más representativa de este terreno es la Fm Dumisseau (Maurrasse *et al.*, 1979) del macizo de La Selle. Con más de 1.500 m de espesor, consiste en una alternancia de basaltos y *pillow* basaltos no metamórficos, doleritas, calizas pelágicas, cherts, limolitas silíceas y areniscas volcanogénicas, en la que las dataciones

paleontológicas (Maurrase *et al.*, 1979) y radiogénicas (Sayeed *et al.*, 1978; van der Berghe, 1983, Bellon *et al.*, 1985), le atribuyen un intervalo de ocurrencia que va del Cretácico Inferior a, principalmente, el Cretácico Superior. En el macizo de la Hotte y en la sierra de Bahoruco hay formaciones basálticas equivalentes a la Fm Dumisseau con edades del Maastrichtiano-Paleoceno (Fm Macaya), en el primer caso, y del Maastrichtiano, en el segundo. Las similitudes petrológicas y geoquímicas entre los basaltos de la Fm Dumisseau y los basaltos perforados en el DSDP en el seno del Mar del Caribe (p.e. "horizonte B", de edad Coniaciano-Campaniano), no ofrecen ninguna duda sobre la interpretación del *terreno* de Hotte-Selle-Bahoruco (Mann *et al.*, 1991b) como un fragmento emergido de la meseta o *plateau* oceánico del Caribe (Maurrase *et al.*, 1979; Sen *et al.*, 1988; Girard *et al.*, 1982). Por encima de la Fm Dumisseau y equivalentes, una importante discordancia marca el final del volcanismo basáltico y el comienzo de un régimen esencialmente sedimentario, con cierto predominio de facies carbonatadas y ocasionales ocurrencias volcánicas, que comprende el intervalo del Cretácico terminal al Mioceno. Concretamente, en la sierra de Bahoruco, Llinás (1972) y la cartografía sintética de Mann *et al.* (1991c) citan, por encima de la citada discordancia, la formación Río Arriba del Cretácico terminal (más de 500 m de espesor) y sobre ella, primero, una serie de calizas pelágicas del Eoceno, asimilable en términos generales a la Fm Neiba (1000-1500 m), y después, un conjunto también carbonatado de aspecto más masivo y con frecuentes facies someras que, por su atribución al Mioceno, se correlaciona con la Fm Sombrerito.

De todas las formaciones mencionadas, las únicas con representación en la parte de la vertiente norte de la sierra de Bahoruco comprendida en la zona de proyecto, son las estratigráficamente más altas, es decir, las Fms. Neiba y Sombrerito, la última aflora en las mencionadas facies carbonatadas someras, que en este trabajo se agrupan bajo la denominación de "Mb (calizas de) Barahona" para distinguirlas de las facies margosas con intercalaciones calcareníticas características de esta formación en sectores más septentrionales. El contacto entre estas dos formaciones y, a su vez, entre el conjunto de la sierra y la cuenca de Enriquillo, viene marcado por un sistema de desgarres de dirección NO-SE a ONO-ESE que se sobre impone o coexiste con cabalgamientos de alto ángulo con vergencia norte.

- Por correlación de los materiales paleógenos y neógenos (Fms. Neiba y Sombrerito), que la constituyen en su totalidad, la **sierra de Martín García** se ha adscrito al mismo dominio paleogeográfico que la sierra de Bahoruco (Cooper, 1983). Sin embargo, las observaciones realizadas en el presente trabajo más bien parecen indicar que, de acuerdo con su posición intermedia, en la sierra de Martín García estas formaciones comparten facies tanto de sus homólogas de la parte oriental de la sierra de Neiba, como de la vertiente norte de la Sierra de Bahoruco. Otra cuestión es su conexión hacia el este con las pequeñas sierras calcáreas que orlan la bahía de Ocoa, en las que la Fm Sombrerito presenta enteramente facies someras correlacionables con las de la sierra de Bahoruco: esta conexión se supone interrumpida por las fallas NNE-SSO asociadas al indenter de Beata.

En contraste con las sierras de Neiba y de Bahoruco cuyas direcciones generales son más homogéneas y similares entre sí, la sierra de Martín García presenta un peculiar cambio de dirección en planta, al girar sus directrices desde una posición más o menos NO-SE en su mitad oriental, a E-O o incluso NE-SO en su tercio occidental. Las cartografías previas de esta sierra indican que sus márgenes coinciden con fallas inversas de alto ángulo y vergencias opuestas, parcialmente retocadas o coincidentes con desgarres.

- **La cuenca de Enriquillo** se extiende con una dirección ONO-ESE entre las sierras de Neiba y Bahoruco, desde la frontera con Haití hasta la bahía de Neiba al sur de la sierra de Martín García. El dominio se prolonga por el norte de esta sierra, ya con el nombre de cuenca de Azua hasta las inmediaciones de la bahía de Ocoa donde, con dimensiones muy reducidas, queda bruscamente interrumpida por las estribaciones más meridionales de la Cordillera Central. La cuenca de Azua le sirve, a su vez, de conexión con la de San Juan (muy parcialmente representada en la esquina NE de la zona de proyecto), de tal foma que las tres comparten buena parte de su evolución, si bien no exactamente dentro del mismo contexto tectónico: el relleno de la cuenca de San Juan está controlado, al menos en lo que refiere a su margen septentrional por el desarrollo del cinturón de pliegues y cabalgamientos de Trois Rivières-Peralta, adscrito a la vertiente meridional de la Cordillera Central, y del que forma su cuenca de antepaís, mientras que en la evolución de la cuenca de Enriquillo parece que hay una mayor intervención, si bien no exclusiva, de la tectónica de desgarres. En

cualquier caso, ambas cuencas han sido definidas desde el punto de vista geométrico como *ramp basins* (Mann *et al.*, 1991d).

Desde el punto de vista de los depósitos, las tres cuencas están rellenas por materiales del Mioceno al Cuaternario que, en conjunto, conforman una macrosecuencia somerizante de más de 4.000 de espesor, con ambientes marinos en la base y continentales a techo. La característica distintiva de la cuenca de Enriquillo respecto a las otras dos es la presencia, en un momento de su evolución, de ambientes restringidos, que producen formaciones evaporíticas de importante espesor.

#### **1.4. Antecedentes**

La zona de proyecto L-Suroeste ha sido objeto de una dispar pero apreciable cantidad de trabajos de diversa índole, especialmente la cuenca de Enriquillo que, por su desde antiguo conocido interés para la exploración de hidrocarburos, ha centrado por sí sola gran parte de las investigaciones geológicas en la República Dominicana. A continuación se señalan aquellos trabajos que se han considerado del máximo interés para la elaboración de la Hoja, tanto de carácter local como regional, y que engloban la mayor parte de los conocimientos existentes acerca de ella.

Las primeras exploraciones sistemáticas tuvieron lugar a principios del siglo pasado con motivo de campañas petrolíferas y mineras, de las cuales derivan los trabajos de Vaughan *et al.* (1921), para el Servicio Geológico de Estados Unidos, y Dohm (1941), Bermúdez (1949), y otros, para la Dominican Seaboard Oil Company. Una recopilación de estos trabajos pioneros se puede consultar en Mann *et al.* (1991a). El estudio de las perspectivas petrolíferas de las cuencas del sur del país continuó, a impulsos, durante las décadas siguientes, y en el caso de la cuenca de Enriquillo el mayor esfuerzo de exploración lo hizo la Canadian Oil Company Ld. a finales de los años 70 (en Norconsult 1979). Durante la elaboración del presente trabajo no se ha podido tener acceso a los informes y documentos generados por esta compañía, si bien un resumen parcial de los mismos se ha podido consultar en la síntesis de Norconsult (1983). En la actualidad, la exploración de hidrocarburos continúa en la zona de forma puntual, concretamente en la Hoja de Boca Cachón, pero por su carácter confidencial no se ha podido acceder a estos datos de nueva adquisición.

Al margen de las investigaciones petrolíferas, es a partir de la década de los setenta cuando se produjo un notable impulso de los conocimientos geológicos de la República Dominicana, merced a la elaboración de una serie de tesis doctorales o de licenciatura de carácter regional, entre las que, relacionadas con esta zona, cabe señalar las siguientes: Llinas (1972, una de las primeras tesis geológicas del país elaborada por un nativo, que estudia el margen norte de la sierra de Bahoruco y la zona adyacente de la cuenca de Enriquillo; Osiris de León (1983), también dominicano, que estudia las características geológicas e hidrogeológicas de la región SO de la R. D; Mann (1983), centrada, en buena parte, en aspectos estructurales y estratigráficos de la cuenca de Enriquillo; Cooper (1983), que aborda la estratigrafía y tectónica de la sierra de Martín García; Breuner (1985), que hace lo mismo con la sierra de Neiba; Van der Berghe (1983), con estudios similares sobre las sierras de La Selle y Bahoruco; Mercier de Lepinay (1987), que desarrolla un estudio estratigráfico y estructural del conjunto de la isla a fin de establecer su interpretación geodinámica; o Heubeck (1988), esencial para la comprensión de las unidades paleógenas del extremo SE del Cinturón de Peralta.

A esta época también pertenecen las publicaciones de Bourgois *et al.* (1979) que describe el primer corte de la Sierra de Neiba; Biju-Duval (1983), sobre aspectos estratigráficos y estructurales del *on-shore* y *off-shore* del sur de la R. D.; o Mann *et al.* (1984) y Taylor *et al.*, (1985) que hacen las primeras descripciones y dataciones del arrecife subactual que rodea el lago Enriquillo.

Ante la gran cantidad de trabajos existentes y la consiguiente proliferación de términos referentes a Formaciones, la Dirección General de Minería 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 del suroeste del país (1984). 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 la la Dirección General de Minería y el Instituto Cartográfico Universitario en colaboración con la Misión Alemana (DGM-BGR 1991). Esta colaboración también condujo a la realización del mapa geológico a escala 1:100.000 del cuadrante de San Juan (García y Harms 1988)

Junto con las anteriores, la cartografía de síntesis más notable de la isla es la que acompaña a la recopilación de artículos que integran el volumen especial (262) para la

Sociedad Geológica de América de Mann *et al.* (1991a) 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 al territorio ocupado por esta Zona Suroeste del Proyecto y su entorno regional; de entre ellos cabe destacar los de: Dolan *et al.* (1991) con una síntesis sedimentológica, estratigráfica y tectónica del Eoceno-Mioceno de La Española y Puerto Rico; Heubeck y Mann (1991), que determinan la estructura y evolución tectónica de la terminación suroriental de la Cordillera Central; McLaughlin *et al.* (1991), quienes abordan la descripción bioestratigráfica y paleogeográfica de los materiales de las cuencas de Azua y Enriquillo; y Mann *et al.* (1991 d), que proponen una interpretación estructural de las citadas cuencas.

Entre los trabajos más recientes con incidencia regional o local en la zona de estudio hay que citar el de Mann *et al.* (1995) que se apoya en datos de la cuenca de Enriquillo (entre otros) para proponer un modelo geodinámico de la región NE de la Placa del Caribe; el volumen especial 326 de la Sociedad Geológica Americana sobre el modelo tectónico y neotectónico del margen septentrional de la placa del Caribe (Dolan y Mann, 1998); el de Mann *et al.* (2002) que incide en la misma cuestión a partir de la medida con GPS de desplazamientos de grandes fallas, entre ellas la de Enriquillo; de mayor relevancia es la publicación de Mann *et al.* (1999) por lo que supone de puesta al día del estado de conocimiento de la cuenca de Enriquillo a partir de datos anteriores y de una revisión de la geología del subsuelo utilizando la antigua sísmica de la Canadian Oil Company; también a tener en cuenta, es el trabajo de Pubellier *et al.* (2000), sobre la evolución estructural del sector meridional de La Española con citas específicas a la zona de estudio y su entorno

Por último cabe mencionar los trabajos realizados en la zona o próxima a ella, dentro del mismo Programa SYSMÍN en el que se encuadra el presente proyecto: el de mayor importancia, por lo que de continuidad tiene con éste, es el Proyecto C de Cartografía Geotemática, realizado por el consorcio IGME-PROINTEC-INYPSA en el periodo 1997-2000; también de gran interés por su aplicación a los aspectos hidrogeológicos de la región, es el Estudio Hidrogeológico Nacional-Valle de Neiba (Acuater, 2000); y por su aportación al conocimiento de la principales explotaciones de la región, hay que citar el Estudio de los Depósitos de Yesos de Las Salinas (Prointec, 1999), y el Estudio sobre las Rocas Ornamentales de Samaná y Vicente Noble (Prointec, 1999).

## 2. ESTRATIGRAFIA

La estratigrafía de la Hoja 1:50.000 de La Descubierta está definida por una sucesión de materiales sedimentarios, fundamentalmente carbonatados y, de forma subordinada, también detríticos, en la que se intercalan varios episodios volcánicos, alguno de ellos de importancia considerable. Esta sucesión estratigráfica comprende la mayor parte del Cenozoico, más concretamente desde el Eoceno Inferior hasta el Cuaternario. Se pueden distinguir los siguientes conjuntos estratigráficos (Fig. 2.1.1):

- Paleógeno. Comprende las series carbonatadas, claramente predominantes en la Hoja, que, en conjunto, se agrupan bajo la denominación genérica de Fm Neiba; su edad es fundamentalmente paleógena (Eoceno-Oligoceno) pero se extiende hasta el Mioceno Inferior. Incluye el “Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba” que consiste en una sucesión de materiales volcánicos (de composición básica e intermedia) y sedimentarios, de espesor variable y notable continuidad lateral, cuya presencia en los sectores centrales de la sierra ha permitido a su vez separar una Fm Neiba infrayacente (Fm Neiba inferior) de otra suprayacente (Fm Neiba superior). En los sectores más meridionales de la sierra de Neiba este conjunto volcanosedimentario no aflora, o lo hace de forma muy restringida; esto, y unas particulares condiciones de afloramiento y litológicas de la Fm Neiba, generalmente muy brechificada, ha condicionado la cartografía de esta formación en estos sectores como un único conjunto indiferenciado (Fm Neiba indiferenciada o brechoide) cuya correlación con las dos anteriores es dudosa.
  
- Mioceno. Coincide con la Fm Sombrerito que está representada por dos de sus facies más contrapuestas: las características margas ocreas con intercalaciones de calcarenitas (o alternando con ellas) que clásicamente representan a esta formación; y las calizas masivas someras, con frecuencia arrecifales, más típicas de la sierra de Bahoruco, que se describen bajo la nueva denominación de Mb (calizas de) Barahona. También se ha cartografiado en esta Hoja una banda de calcarenitas, margocalizas y margas que, con edad similar o ligeramente más moderna que la Fm Sombrerito, se ha incluido, tentativamente, dentro de ella, bajo la denominación de Unidad de Cortadero.

Fig 2.1.1

Esuema Geológico de la Zona L-SO

Fig 2.1.1-Leyenda

Leyenda del Esquema Geológico de la Zona L-SO

- Plioceno-Pleistoceno. En este conjunto estratigráfico se agrupan las formaciones neógenas y del Cuaternario basal que forman parte del relleno de la cuenca de Enriquillo. En la Hoja de La Descubierta la secuencia aparece muy incompleta al estar exclusivamente representada por sus términos superiores, esto es, las facies marginales de la Fm Arroyo Blanco y sus equivalentes continentales (Fm Arroyo Seco) y la Fm Jimaní.
  
- Pleistoceno Superior-Holoceno. En este conjunto se agrupan las formaciones cuaternarias más recientes cuyo depósito está relacionado con la última creación de relieve. Algunas de ellas siguen relacionadas con la evolución de la cuenca de Enriquillo de la que conforman sus últimos depósitos; es el caso del arrecife subactual que circunda el lago, y del sistema de conos de deyección y abanicos aluviales encajados que, procedentes de los relieves contiguos, lo rodean periféricamente. El resto tiene que ver con la dinámica fluvial y de escorrentía superficial, gravitacional o lacustre.

La distribución cartográfica de estos conjuntos en la Hoja de La Descubierta está controlada por una estructura de grandes pliegues anticlinales o anticlinoriales de amplio radio y dirección ONO-ESE (eventualmente NO-SE) a E-O, que limitan corredores sinclinales más estrechos con los que el contacto se produce mediante fallas de medio o alto ángulo y movimiento inverso o inverso-direccional, generalmente con vergencia sur. Así, los grandes anticlinales representados en la Hoja, (alineación de El Aguacate-Sabana del Silencio, alineación de Las Cañitas-La Descubierta, Los Bolos), están casi enteramente ocupados por las formaciones calcáreas paleógenas (Fm Neiba) de las cuales, las más antiguas (Fms. Neiba inferior y Neiba brechoide) afloran en sus núcleos, mientras que la más moderna (Neiba superior) suele ocupar los flancos. La Fm Sombrero aflora en el estrecho corredor que existe entre las dos primeras estructuras anticlinales citadas, donde forma un sinclinal (continuación del sinclinal volcado de Apolinar Perdomo de la Hoja de Galván) con el flanco septentrional completamente cabalgado; el Mb Baharona de la Fm Sombrero se ha reconocido en el extremo occidental de la Hoja, en continuidad con afloramientos similares de la Hoja contigua de Boca Cachón. Las Fms. Arroyo Blanco y Arroyo Seco, afloran adosadas al flanco meridional del anticlinal de Las Cañitas-La Descubierta, donde se

apoyan de manera discordante sobre la Unidad de Cortadero de la Fm Sombrerito o sobre las Fms Neiba brechoide o Neiba superior. La Fm Jimaní forma un afloramiento continuo junto al margen septentrional del lago Enriquillo que está cabalgado por el flanco sur del anticlinal de La Descubierta. En cuanto a las formaciones cuaternarias más recientes, aparte del arrecife subactual que orla el lago, las de mayor relevancia son los sistemas de conos y abanicos aluviales que se instalan o instalaban a la salida de los principales ríos y arroyos de la zona; en ellos que se distinguen varios niveles de encajamiento, algunos muy elevados respecto al nivel de base actual.

## **2.1 Paleógeno**

### 2.1.1 Eoceno Inferior-Mioceno Inferior

Las primeras referencias a la Fm Neiba (en sentido amplio) se remontan a los trabajos pioneros de (Vaughan *et al.*, 1921) para el Servicio Geológico de los EEUU a quien se le debe la definición de la Fm Plaisance en dominios equivalentes a la sierra de Neiba en Haití. A partir de esta primera denominación, dos décadas después, el equipo de la Dominican Seaboard Oil Company (especialmente Dohm, 1941, 42; Arick 1940<sup>a</sup> y b; Wallace, 1947, recopilados en Bermúdez, 1949) establece para el Paleógeno de la sierra de Neiba y de Bahoruco una estratigrafía integrada por las Fms. calcáreas Plaisance, en la base, Neiba, y, a techo, la Fm Sombrerito, esta última considerada de edad Oligoceno hasta fechas recientes.

Los autores que trabajaron durante las décadas de los 70 y 80 en ambos dominios e incluso en la exploración de hidrocarburos de la cuenca de Enriquillo, han mantenido esta estratigrafía, con diversas modificaciones y precisiones de edades (Llinás, 1972; Bourgois *et al.*, 1979; Breuner 1985; Canadian Oil Company, 1979; en Norconsult, 1983). No obstante en las publicaciones de síntesis más recientes se observa una tendencia a emplear la denominación Neiba en sentido amplio para nombrar estas formaciones, lo que sin duda es consecuencia de los problemas de correlación entre ambas sierras (García y Harms 1988; Mann *et al.*, 1991b).

Por considerar que en las mencionadas definiciones estratigráficas de las Fms. Plaisance y Neiba no se citan sus relaciones con la serie volcánica de El Aguacate (equivalente) y ante la imposibilidad de visitar durante el desarrollo de este trabajo las series tipo de, por

ejemplo, la Fm Plaisance, en el presente trabajo se ha decidido no reproducir exactamente este modelo estratigráfico y se ha optado por denominaciones más generales que atienden a la posición de la formación respecto a esta serie volcánica (Neiba inferior- 1 - o superior -6 -) o, en ausencia de esta, de su aspecto litológico más llamativo en campo (Neiba brechoide – 2 -). No obstante, en todos los casos se indican las posibles correlaciones con las denominaciones tradicionales (Ver Fig. 2.2.0)

La Fm Neiba no es exclusiva de estos dominios ya que también aflora en el extremo occidental del Cinturón de Peralta, en posición frontal, cabalgando hacia el sur sobre la cuenca de San Juan. En este cinturón, la Fm Neiba coincide en edad, al menos en parte, con la Fm Jura, bien datada como Eoceno Medio, circunstancia que ha sido aprovechada por algunos autores para proponer, pese a su desconexión cartográfica, la posible correlación entre ambas formaciones (Díaz de Neira, 2000 a y b; Hernaiz Huerta, 2000 b). Por otra parte, en el informe de la cartografía geológica de cuadrante 1:100.000 de San Juan, García y Harms, 1988 señalan diferencias en la edad de la Fm Neiba, dependiendo de su adscripción al cinturón de Peralta, donde le dan un rango de edad entre el Paleoceno y el Oligoceno, o al dominio de la sierra de Neiba, donde sería más moderna con un rango entre el Eoceno Medio y el Mioceno Inferior. Las dataciones realizadas en las Hojas de Bánica y Arroyo Limón pertenecientes al Proyecto K de cartografía geológica, sin embargo asignan esta formación al Eoceno Medio/Superior-Oligoceno (Sanz y Soler, 2004; Bernárdez y Soler, 2004) (Sanz y Soler, 2004; Bernárdez y Soler, 2004).

En cuanto al Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate, su nueva denominación en este trabajo, surge de la necesidad de dar entidad a una serie compleja de litologías volcánicas y sedimentarias que, con una continuidad cartográfica mucho mayor que la hasta ahora citada, ha servido a su vez de referencia para definir la estratigrafía de la Fm Neiba. La cartografía de las Hojas de Galván y La Descubierta ha puesto de manifiesto la conexión de la mayoría de afloramientos de materiales volcánicos previamente reseñados en la sierra (Bourgeois *et al.*, 1979; Breuner, 1985; García y Harms, 1988); o su atribución al mismo intervalo estratigráfico. Al mismo tiempo, se ha podido constatar el acuñamiento y presencia esporádica hacia el sur de este conjunto, lo que unido a unas particulares condiciones de afloramiento de la Fm Neiba ha impedido mantener la mencionada separación de Neiba inferior y Neiba superior, y en su lugar se ha establecido un conjunto carbonatado indiferenciado con un aspecto brechoide característico, pero de origen incierto, cuya

Fig. 2.2.0

Cuadro correlación de unidades

correlación con estas formaciones no se ha podido realizar con precisión. Entre las citas previas a este conjunto cabe destacar la datación absoluta del mismo en la localidad de El Aguacate por el método K/Ar en 52.7 Ma, edad que, en términos generales, es consecuente con la determinada por métodos paleontológicos en este mismo trabajo y en trabajos previos. Dos nuevas dataciones absolutas realizadas en el transcurso de este proyecto, por los métodos de U/Pb en circones y Ar/Ar en hornblenda, sobre una misma muestra de coladas andesíticas intercalada en las facies mayoritarias de brechas y tufitas de la Hoja de La Descubierta, han arrojado edades de  $51,7 \pm 0,5$  (Friedman, 2004) y  $50,1 \pm 3,4$  (Ullrich, 2004) Ma, que confirman la anterior (Fig. 2.2.1).

Dentro de este conjunto, en la Hoja de La Descubierta se ha separado una unidad predominante de tufitas y brechas volcánicas (3) entre las que se intercalan niveles de basaltos y andesitas, ninguno de los cuales tiene entidad cartográfica en la presente Hoja, pero sí en la contigua de Galván. Coexisten con estas litologías netamente volcánicas intervalos de origen sedimentario formados por calcarenitas laminadas, con intervalos margosos (4), que a veces llegan a ser predominantes y alternan con tufitas (5). También es frecuente identificar dentro de este conjunto niveles de conglomerados y brechas polimícticas que sólo alcanzan entidad cartográfica en la Hoja de Galván.

Para una mayor facilidad de lectura y comprensión, a continuación se describen estas unidades sin seguir estrictamente su orden cronoestratigráfico, si no agrupadas bajo el epígrafe general de la Fm Neiba, primero, y del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate, después.

### LA FORMACIÓN NEIBA

2.1.1.1 Fm Neiba inferior (nom. nov.) (1). Calizas en bancos o masivas de tonos grises, ocasionalmente con sílex. Eoceno Inferior-Medio.  $P_2^{1-2}$

Se denomina con este nombre a las series carbonatadas que afloran estratigráficamente por debajo del Complejo Volcanosedimentario de El Aguacate. En la zona de proyecto, esta formación se distribuye, preferentemente, por las zonas septentrionales de las Hojas de Galván y La Descubierta, y la mayor parte de la Hoja fronteriza de Boca Cachón, desde donde se prolonga a las sierras contiguas de Haití. Sus afloramientos coinciden con los principales núcleos anticlinales de la zona central de la sierra de Neiba. En la Hoja de La

Fig. 2.2.1

Edades absolutas CVS el Aguacate

Descubierta, los afloramientos mejores y más accesibles se dan en la zona de Maniel-Los Bolos; el resto son parajes de difícil acceso donde, además, la fuerte carstificación no facilita la observación de la roca fresca. La descripción que sigue a continuación es un compendio de las observaciones realizadas en las tres Hojas mencionadas.

Independientemente de su posición estratigráfica, esta formación se diferencia bien en paisaje por el aspecto masivo y de tonos grises oscuros de sus bancos calcáreos, que se contraponen al aspecto más tableado y de tonos más claros de la Fm Neiba superior. También es característico de esta formación, tanto en paisaje como en foto aérea, la citada carstificación que la afecta, que generalmente no es tan acusada en la Fm Neiba superior. A escala de afloramiento, sin embargo, las diferencias entre estas dos formaciones se reducen notablemente, ya que ni siquiera la presencia de sílex en nódulos o niveles, es exclusiva de ninguna de ellas.

En detalle, la Fm Neiba inferior, consiste en una monótona sucesión de calizas, de color gris-crema en corte fresco, que se disponen en bancos y capas de orden métrico y decimétrico, rítmicamente estratificados y separados por niveles centimétricos de margas. La presencia de niveles o nódulos de sílex es común pero muy variable y sin pautas determinadas. Los tipos petrográficos dominantes en la práctica totalidad de la serie son *mudstones* y *wackestones* bioclásticos de foraminíferos planctónicos y bentónicos. La continuidad lateral de estas litologías, sin cambios de fábrica, la ausencia de estructuras sedimentarias tractivas, la fauna de planctónicos, y la ciclicidad poco manifiesta o de tendencia positiva, presuponen un ambiente de cuenca de rampa o una plataforma de baja energía, por debajo del nivel de base del oleaje de tormentas.

No obstante, en distintos puntos se ha podido constatar que los metros superiores de la serie, inmediatamente en el tránsito o debajo del conjunto volcanosedimentario coinciden con una importante somerización que se identifica por la presencia de tipos texturales más gruesos (*packstones-rudstones*) en los que son frecuentes los macroforaminíferos, y los restos de corales y algas: en La Rosa-El Mundito (Hoja de Galván) se estima que al menos los 20 metros superiores corresponden a estas facies someras de plataforma interna; en Angel Félix (Hoja de Boca Cachón), este espesor se reduce a los 2-3 metros últimos que están en contacto con las brechas volcánicas del conjunto volcanosedimentario, aunque la identificación de otro posible nivel de facies similares, algunas decenas de metros

(estratigráficamente) más abajo en la serie, indica que puede haber más de un ciclo de somerización.

En la zona de proyecto (ni, pensamos, en toda la sierra de Neiba) no aflora la base de la serie, por lo que se desconoce su espesor total. Las observaciones de campo y la construcción de los cortes geológicos obligan a considerar 1000 a 1500 de espesor mínimo en el anticlinal de El Aguacate de la Hoja contigua de Galván; espesores similares se han deducido en la presente Hoja y en la de Boca Cachón.

Se supone que esta formación correlaciona, al menos en parte con la Fm Plaisance de Vaughan (1921) a la que en la literatura también se le asignan facies someras (Cooper, 1983). Esta formación también correlaciona parcialmente con la Fm Vallejuelo de Breuner (1985), aunque la utilización de este término por este autor no fue muy afortunada, no sólo por la indefinición de su cartografía, si no, principalmente, por que lo hace para designar una formación dolomítica inferior de la que no se ha tenido constancia en el presente trabajo.

Las dataciones paleontológicas, realizadas con foraminíferos principalmente, son poco precisas para esta unidad como tampoco lo son separadamente para las Fms. Neiba superior o Nieba brechoide o para el Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate, ya que en su mayoría no afinan más allá de un probable Eoceno o Eoceno Medio-Superior. Se ha podido comprobar que Cepek (1990), en su magnífica recopilación de edades de formaciones sedimentarias de toda la isla para la elaboración del Mapa de la Misión Alemana (DGM-BGR 1991), no obtuvo mejores resultados en esta zona ni con foraminíferos ni con nannoplancton y sus edades de la Fm Neiba en general coinciden con las obtenidas en este trabajo

El análisis de todas las dataciones en conjunto y de forma integrada con la cartografía, y atendiendo especialmente a las mejores determinaciones, se puede decir que el intervalo de ocurrencia de la Fm Neiba (en sentido amplio) comprende desde todo el Eoceno hasta el Mioceno Inferior, ya que ambas edades han sido bien reconocidas en muestras de la formación, la última coincidiendo en general con los términos más altos de la serie. La microfauna encontrada en muestras de la Fm Neiba inferior es en general representativa del Eoceno o, en todo caso del Eoceno Medio-Superior, pero sin mayores precisiones: *Globigerina sp.*, *Turborotalia sp.*, *Globigerapsis sp.*, *Catapsidrax sp.*, *Amphistegina sp.*, *Gypsínidos*, *Operculina sp.*, *Bulimínidos?*, *Miliólidos?* *Radiolarios* y *Rotálidos*, además de

*Lamelibranchios, Equinodermos, Ostrácodos y Bivalvos*. Sin embargo, la datación del Luteciano en una muestra de la base del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate en la Hoja de Galván (ver más adelante) obliga a considerar como edad más probable de la Fm Neiba inferior, el Eoceno Inferior-Medio.

2.1.1.2 Fm Neiba superior (nom. nov.) (6). Calizas tableadas, frecuentemente con sílex. Eoceno Medio-Superior.  $P_2^2-N_1$

Se ha llamado así a la serie calcárea que aflora inmediatamente por encima del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate. En la zona de proyecto se distribuye principalmente por las Hojas de Villarpando, Galván, La Descubierta y en menor medida, Boca Cachón, donde recibe esta misma denominación; y también en las Hojas de Vicente Noble (sierra de Martín García), La Salina y Barahona (sierra de Bahoruco), donde se denomina con la acepción más amplia de Fm Neiba. En la Hoja de La Descubierta aflora principalmente en su mitad oriental asociada a los flancos de la alineación anticlinal de Las Cañitas-La Descubierta. Sus mejores puntos de observación están en diferentes tramos de las pistas de El Higo de la Cruz y Guayabal y, a pie, en el corte del río Barreras.

La formación se presenta como una sucesión monótona de capas decimétricas de calizas de tonos claros que le dan un característico aspecto tableado. Hay intercalaciones margosas subordinadas que, no obstante, adquieren cierta importancia en los términos superiores de la serie. Son frecuentes las ocurrencias de sílex en niveles o nódulos, aunque con una distribución aleatoria. La mencionada disposición tableada de la serie facilita su intenso replegamiento en las zonas de mayor tectonización. Las condiciones de afloramiento no favorecen la observación del contacto con el conjunto volcanosedimentario infrayacente, pero en general se trata de un contacto neto y concordante. Excepcionalmente, en las inmediaciones de Ángel Félix (Hoja de Boca Cachón), el tránsito entre estas dos formaciones parece más gradual al existir varias intercalaciones de material volcánico en la parte baja de la Fm Neiba superior. En ausencia del conjunto volcanosedimentario, el contacto con la Fm Neiba brechoide es más indefinido y para su cartografía se ha utilizado una mezcla de criterios como la aparición hacia muro de las facies más someras propias de esta última formación o, en paisaje, la desaparición del característico aspecto tableado de la Fm Neiba superior y su sustitución por el aspecto más masivo y brechoide de la infrayacente. El contacto con la Fm Sombrerito suprayacente es también difícil de observar, pero en general, se trata de un contacto concordante que viene determinado por un

progresivo pero rápido incremento de los términos margosos, que adquieren típicas tonalidades ocres y empiezan a intercalar calcarenitas propias de ambientes más profundos. Sin embargo, como se verá más adelante, en algunos puntos, el contacto entre estas dos formaciones coincide con un nivel de brechas volcánicas o sedimentarias con clara procedencia volcánica.

Las calizas son, en su mayoría, *mudstones* y *wackestones* bioclásticos de foraminíferos planctónicos (en menor proporción bentónicos), muy similares en facies a las descritas para la Fm Neiba inferior y por tanto asimilables a los mismos ambientes sedimentarios (cuenca de rampa o plataforma de baja energía). El espesor oscila entre los más de 1000 m cartografiados en la parte central de la Hoja de Galván, a los 300-500 m de los sectores septentrionales y meridionales de esta misma Hoja y de la mitad oriental de la Hoja de La Descubierta. En la mitad occidental de esta última Hoja, la Fm Neiba superior reduce notablemente su espesor al estar sustituida en parte por la Fm Neiba brechoide y acaba desapareciendo contra las grandes fallas que delimitan las unidades en este sector o debajo de depósitos más recientes.

La Fm Neiba superior, tal y como se considera en este trabajo, correlaciona con la Fm Neiba descrita por algunos autores previos por encima de la Fm Plaisance (equipo de la Dominican Seaboard Oil Company; Llinás 1972; Breuner 1985; Cooper 1983); o con la parte alta de la Fm Neiba indiferenciada que recogen algunas cartografías de síntesis (Misión Alemana, DGM-BGR 1991; Mann *et al.* 1991c).

Las dataciones micropaleontológicas de esta formación tienen las mismas imprecisiones mencionadas anteriormente para la Fm Neiba inferior, si bien, en este caso son mayoritarias las asociaciones del Eoceno Superior (*Acarinina af. soldadoensis*-Broniman, *Morozowella sp.*, *Pseudohastigerina sp.*, *Globigerina sp.*, *Turborotalia af. cocoaensis*, *Globigerapsis sp.*, *Globocadrina sp.*, *Distichoplax biserialis* –Dietrich-, entre otros, además de *Radiolarios*, *Cibícides sp.*, *Epónides sp.*, *Rotálidos*, *Lamelibranquios*, *Equinodermos*, *Gasterópodos* etc); y en los términos más altos de la serie se reconoce, sin ningún género de dudas el Mioceno Inferior, (*Globigerinoides conglobatus*-Brady-, *Globigerinoides gr. trilobus*, *Catapsidrax dissimilis* –Cushman y Bermúdez-, *Globigerinita sp.*, *Globocadrina sp.*, *Catapsidrax cf. stainforthi* –Bollí, Loeblich y Tappan-. además de *dientes de peces*, *radiolas*, *Floribus boueanum*- d'Orb, *Cibícides sp.*, *Ammonia gr beccari* -Linneo-, *Gyroidina sp.*, *Cassidulina af. laevigata* d'Orb, *Vermeuilina sp.*, *Parrella sp.*) Resulta llamativo de estas determinaciones

que nunca o sólo de forma esporádica, se identifique al Oligoceno lo que más que a una ausencia de este piso, muy probablemente se deba a la ausencia de asociaciones que lo identifiquen. Atendiendo a estas asociaciones y considerando además la anteriormente mencionada datación del Luteciano en la base del Complejo Volcanosedimentario, en este trabajo se propone como edad más probable de la Fm Neiba superior, el intervalo Eoceno Medio (alto)?- Mioceno Inferior.

2.1.1.3 Fm Neiba brechoide o indiferenciada (nov. nom.) (2). Calizas masivas, generalmente arrecifales, mal estratificadas y frecuente aspecto brechoide, carnional o pulverulento, con niveles subordinados de calizas tableadas, margas y margocalizas. Eoceno Inferior-Superior. P<sub>2</sub><sup>1-3</sup>

Se ha definido por primera vez en este trabajo como Fm Neiba brechoide al conjunto carbonatado que aflora en la mitad meridional de las Hojas de Galván y La Descubierta con unas características peculiares que consisten, principalmente, en su aspecto masivo, frecuentemente carnional y pulverulento, y un alto grado de brechificación. Estas características son de tipo secundario y, aunque parece que inciden o se desarrollan sobre un tipo litológico mayoritario, pueden afectar a varias facies o formaciones, y de ahí que se haya utilizado también en su definición el término "indiferenciada" y que, en cualquier caso, el rango de formación con la que se la considera, se deba tomar de manera absolutamente informal. Sin embargo, el hecho de que este aspecto carnional-pulverulento y sobre todo brechoide se mantenga a lo largo de un área de extensión considerable y que, en consecuencia, las litologías originales sean difíciles de reconocer incluso en los mejores afloramientos, ha aconsejado esta solución. A ella contribuye, por otra parte, la escasa presencia, en esta parte meridional de las Hojas mencionadas, del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate, que lo hace en dos pequeños afloramientos desconectados del nivel cartográfico principal con el que, por tanto, no existe posibilidad de correlación directa. Tampoco contribuye a la delimitación estratigráfica de esta unidad y su correlación con las unidades adyacentes, la vaguedad de sus dataciones, que la asignan con seguridad al Eoceno pero sin más precisión.

Los afloramientos más típicos de esta formación ocurren en un amplio sector al N y NE de la localidad de La Descubierta. Son calizas masivas de tonos rosados y blanquecinos, con el mencionado aspecto carnional y pulverulento, que conforman un relieve de lomas suaves al que sin duda favorece su fácil meteorización química por carstificación. El aspecto

pulverulento deriva de un efecto combinado de la brechificación de la roca y de su pureza en  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , propiedades que facilitan su extracción para aprovechamiento industrial. Este aspecto “externo” y claramente secundario de la roca, permite reconocer, no obstante, en un número suficiente afloramientos, la litología original. Se trata de *packstones-grainstones* a *rudstones-floatstones* de macroforaminíferos y fragmentos de corales, algas rojas, gasterópodos, bivalvos etc, que de forma constante se extienden hasta los relieves al sur de El Higo de La Cruz. Pese a la imposibilidad de levantar columnas estratigráficas, no hay duda en asignar estas facies, por sus asociaciones de fauna, a ambientes someros de plataforma interna, en los que, con frecuencia, las aguas agitadas debían favorecer el desarrollo de arrecifes.

Las mismas facies, con igual aspecto externo, se han reconocido en la Hoja de Galván en la carretera da Las Cañitas, de tal forma que la formación presenta una notable continuidad cartográfica en la mitad meridional de estas dos Hojas, siempre asociada a núcleos de anticlinales de gran radio. La ausencia de estratificación es significativa y resulta difícil la medida de buzamientos. No obstante, en los sectores más orientales de la Hoja de La Descubierta y también en la Hoja de Galván, las facies groseras de macroforaminíferos alternan o coexisten con términos mejor estratificados de *wackestones* de foraminíferos plantónicos y bentónicos, en lo que se interpreta como una alternancia de ciclos de plataforma interna-plataforma externa (somera). Estas facies mejor estratificadas y relativamente más profundas son las que finalmente dan paso, en la parte alta de la serie, a la Fm Neiba superior, que corresponde ya a un ambiente franco de plataforma externa abierta.

La correlación de la Fm Neiba brechoide con las Fm Neiba inferior y superior es una cuestión no del todo resuelta en la cartografía de esta región. Por una parte no hay dudas de que la Fm Neiba brechoide se sitúa estratigráficamente por debajo de la Fm Neiba superior y que, por tanto, en su mayoría, debe ser lateralmente equivalente a la Fm Neiba inferior. La presencia de un pequeño nivel volcánico cerca del contacto entre las Fms. Neiba brechoide y Neiba superior, no garantiza que éste sea equivalente cronoestratigráficamente al contacto que existe entre esta última formación y el conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate en sectores más septentrionales. En la cartografía, más bien parece que la Fm Neiba brechoide va sustituyendo, progresivamente hacia el oeste, a términos cada vez más altos de la parte baja de la Fm Neiba superior. Por otra parte, en contra de lo que se acaba de decir, resulta absolutamente chocante la fuerte confrontación de facies que se da al norte de la localidad

de la Descubierta entre las formaciones Neiba brechoide e inferior sin que se haya podido demostrar el supuesto paso lateral entre una y otra. Esto ha obligado a considerar en la cartografía una falla de dirección N-S, necesariamente sinsedimentaria, que supuestamente regularía el contacto entre ambas formaciones.

En cuanto a la brechificación, que de forma tan particular, aunque no exclusiva, afecta a esta formación, no se ha podido determinar su origen. Descartado el origen tectónico por falta de evidencias, se debe pensar más bien en un proceso diagenético o en todo caso secundario que parece estar favorecido por unas condiciones litológicas específicas y, quizá, por una pérdida de volumen, que produce el colapso parcial de la roca. En este sentido, ni los afloramientos ni el estudio de las láminas delgadas han revelado un posible paso de fluidos que pudieran explicar las supuestas pérdidas de volumen.

Con estos antecedentes y sin que aflore su base, es difícil calcular el espesor de esta formación. De la construcción de los cortes geológicos se deduce que éste oscila entre los más de 1000 m en el sector central de la Hoja de La Descubierta hasta su total desaparición hacia el norte, este y oeste por acuñamiento o cambio lateral de facies hacia la Fm Neiba inferior. Se desconoce la evolución de esta formación hacia el sur bajo el subsuelo de la cuenca de Enriquillo y aunque de hecho no se ha reconocido en la sierra de Bahoruco, no se descarta su presencia en este dominio por debajo de la Fm Neiba superior.

Como se ha mencionado anteriormente, el contenido paleontológico de la formación permite asignarla, sin mayor precisión, al Eoceno: *Dyscocyclina sp.*, *Nummulites sp.*, *Actinocyclina sp.*, *Rotalia sp.*, *Operculina sp.*, *Eulepidina sp.*, *Nephrolepidina sp.*, *Lepidocyclina sp.*, *Globigerínidos?*, *Heterostegina?*, además de *Algas*, *Peneróplidos*, *Miliólidos*, *Textuláridos*, *Equinodermos*, *Moluscos*, *Lamelibranchios*, *Gasterópodos* y *Coralarios*. De acuerdo con estas asociaciones y en función de las citadas relaciones estratigráficas con las formaciones Neiba inferior y superior se ha decidido asignar la formación al intervalo Eoceno Inferior-parte baja del Eoceno superior.

## EL CONJUNTO VOLCANOSSEDIMENTARIO DE EL AGUACATE DE NEIBA

2.1.1.4 Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba (nov. nom.) (3). Tufitas laminadas y brechas volcánicas masivas de composición básica, con ocasionales intercalaciones de basaltos y andesitas. Eoceno Medio-Superior. P<sub>2</sub><sup>2-3</sup>

Esta unidad constituye el cuerpo fundamental del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate. Aflora en los sectores centrales y septentrionales de las Hojas de Galván y La Descubierta rodeando periféricamente los asomos anticlinales de la Fm Neiba inferior, sobre la que se apoya de manera concordante. El contraste litológico y de competencia con esta formación y la suprayacente Fm Neiba superior, es la causa de que esta unidad dé lugar a estrechos valles interiores encajados entre los fuertes relieves calcáreos de la sierra de Neiba y de que, además, en ellos, la eventual presencia de agua a techo de los niveles impermeables favorezca el desarrollo de importantes deslizamientos.

La unidad se presenta generalmente alterada, por meteorización, a tonos rojizos característicos y son escasos sus cortes frescos. No obstante, casi siempre es posible reconocer el aspecto masivo y fragmentario de las brechas volcánicas, su componente mayoritario a escala regional. Están formadas estas brechas por fragmentos angulosos a subredondeados, de 0,5 a 1 cm de tamaño medio, de rocas básicas, generalmente lavas basálticas y, en menor proporción andesíticas, que aparecen englobados en una matriz de tamaño de arena gruesa o microconglomerática de la misma composición. Aunque el tamaño mencionado es el más habitual, ocasionalmente, los fragmentos alcanzan dimensiones de tipo bloque. De igual forma, hay afloramientos en los que dominan las tobas de tamaño lapilli. La petrografía de estas rocas se describe en el apartado 2.2.1.6.

En la Hoja de La Descubierta este tipo litológico dominante está sustituido en parte por tobas de tamaño lapilli y tobas cineríticas laminadas, las cuales están bien representadas en el valle interno de Maniel-Los Bolos donde alternan con margas y calcarenitas de la unidad 5. Se pone así de manifiesto una cierta polaridad en la distribución de facies de la unidad, determinada por la presencia de términos más proximales, en su mayoría piroclásticos o ligeramente epiclásticos, al este, y términos más distales y con mayor influencia sedimentaria al oeste. Esta distribución concuerda también con el hecho de que las intercalaciones de lavas basálticas y andesíticas sean más frecuentes en la Hoja de Galván, donde algunas de ellas adquieren entidad cartográfica, que en la de La Descubierta.

Los pequeños afloramientos de brechas volcánicas que ocurren en el interior de la Fm Neiba brechoide, por ejemplo, el del comienzo de la subida al Higo de la Cruz en la Hoja de La Descubierta o los del río el Manguito en la de Galván, en nada se diferencian desde el punto de vista litológico, con los ya descritos y por ello se han incluido en la misma formación. Sin embargo, como se ha mencionado en apartados precedentes, tampoco existe la certeza de

que formen parte del mismo episodio volcánico por lo que su posible correlación se debe tomar con precaución.

El espesor de todo el Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate varía desde los más de 600 m del sector central de la Hoja de Galván, o los 200-300 de la parte norte de la Hoja de La Descubierta, a su total acuífamiento, al menos en superficie, en la parte meridional de esta Hoja. La mayor parte de él corresponde a esta unidad de brechas y tufitas volcánicas que, no obstante, por su propia naturaleza, cambian notablemente de espesor.

2.1.1.5 Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba (nov. nom.). Alternancia de calcarenitas ocre-amarillentas con laminaciones y ripples, margocalizas, margas y tufitas (4). Margas ocreas con intercalaciones de calcarenitas (5). Eoceno Medio-Superior. P<sub>2</sub><sup>3</sup>

Estas unidades se han cartografiado inmediatamente a techo de la Fm Neiba inferior de la que, en cierta forma, se podría haber considerado como su parte alta. Sin embargo el hecho de que en muchos afloramientos aparezcan alternando con términos volcánicos o incorporando clastos de esta naturaleza, ha decidido su inclusión dentro del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate. Sus afloramientos se siguen, no sin cierta dificultad y de forma discontinua, en los flancos del anticlinal del Aguacate (Hoja de Galván) y, con mucho mejor acceso, en el sinclinal volcado de Los Bolos (Hoja de La Descubierta).

La primera de ellas, regionalmente dominante sobre la segunda, consiste en una alternancia de calcarenitas de color ocre-amarillento dispuestas en capas de 10 a 50 cms de espesor que alternan con limolitas, margas y margocalizas de similares tonalidades. En algunos afloramientos de calcarenitas, una fina diseminación pone de manifiesto la presencia de minerales secundarios de Cu. El contacto con la Fm Neiba inferior infrayacente es concordante y se manifiesta por la aparición a techo de esta formación de un tableado de calcarenitas que gradualmente va incorporando intercalaciones de limolitas, margas y margocalizas y, en la parte superior, también tobas de grano fino laminadas. Las calcarenitas presentan, típicamente, laminación paralela a ligeramente ondulada y, junto con los niveles de margas y margocalizas, forman una sucesión de secuencias granocrecientes de orden métrico. En algunos niveles de calcarenitas más groseras también se han observado superficies y laminaciones onduladas de tipo *hummocky*, a veces marcadas por alineaciones de pequeños cantos blandos y, a techo *ripples* simétricos. Se confirma de esta forma la tendencia somerizante que ya se había puesto de manifiesto en los últimos metros

de la Fm Neiba inferior. En algunos afloramientos que rodean el anticlinal de El Aguacate en la Hoja de Galván, se han reconocido facies de calcarenitas más energéticas ya que incluyen o incorporan clastos de rocas volcánicas (basaltos y andesitas) de 1-2 cm de tamaño medio. En el sector oriental del sinclinal de Los Bolos (Hoja de La Descubierta) y el corredor continuación de éste que lleva a La Finca, el predominio de margas respecto a las calcarenitas es tan acusado que en la cartografía se ha considerado una unidad aparte con estas características (5), en cambio de facies con la anterior (4). Sin embargo, en el extremo occidental del mismo sinclinal de Los Bolos, se produce el afecto contrario al desaparecer casi por completo las intercalaciones margosas y quedarse la serie en una monótona sucesión tableada de calizas y calcarenitas laminadas y con ripples. Su espesor varía entre 50 y 100 m.

En conjunto, los ciclos arenisca-limolita-marga de esta unidad y, en concreto, los mejor caracterizados del sector de Los Bolos, se interpretan como capas de tormenta relativamente distales, depositadas por debajo del nivel de base del oleaje; los términos más groseros corresponderían a facies más proximales, depositadas por encima del nivel de base del oleaje. Todo ello se sitúa en el contexto de una plataforma marina carbonatada con eventos tempestuosos cíclicos, tal vez relacionados con la actividad volcánica.

En lámina delgada, las calizas y calcarenitas de esta unidad presentan una gran variedad textural, desde *mudstones-wackestones* a *grainstones-rudstones* de foraminíferos planctónicos y bentónicos con fragmentos de *Equinodermos*, *Bivalvos*, *Gasterópodos*, *Ostrácodos*, *Briozoos* y frecuentemente también de algas y corales. Las asociaciones de fauna en general caracterizan bien, el intervalo Eoceno Medio-Superior, y con ambigüedades, incluso, el Mioceno Inferior: *Globigerina sp.*, *Globocadrina sp.*, *Globigernatheka sp.*, *Globigerinapsis sp.*, *Turborotalia sp.*, *Acarinina sp.*, *Planorotalites sp.*, *Amphistegina sp.*, *Nummulites sp.*; *Praerbulina gr. glomerosa-circularis Blow*; *Globorotalia af. atchaeomenardii Bolli*, *Globigerinoides sp.* Sin embargo, una de las muestras tomadas en la Hoja de Galván, ha dado una asociación diagnóstica del Luteciano: *Acarinina sp.* (cf *A. soldadoensis-Broniman-*), *Globigerina sp.*, *Globigerina af. venezuelana Hedberg*, *Acarinina af. bullbrookii (Bolli)*, *Morozowella af. spinulosa (Cushman)*, *Trucorotaloides? sp.*. Esta datación conjuntamente con el resto, y con las obtenidas en las formaciones infra y suprayacentes, ha sido determinante para asignar el Conjunto Vocanosedimentario del Aguacate al intervalo Eoceno Medio-Superior (parte baja), sin que se pueda descartar que se inicie en el Eoceno Inferior.

#### 2.1.1.6 Petrología del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba.

En el ámbito de afloramiento del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate correspondiente a las Hojas de Galván y La Descubierta, los tipos de rocas volcánicas reconocidas son fundamentalmente de dos tipos: lavas e intrusiones sin-volcánicas y depósitos piroclásticos variablemente resedimentados. Las lavas e intrusiones sin-volcánicas presentan facies coherentes y autoclásticas, y están representadas por tipos petrográficos de doleritas, basaltos piroxénicos fluidales, basaltos microporfídicos con orto y clinopiroxeno y andesitas con hornblenda y plagioclasa. Los depósitos piroclásticos están constituidos por abundantes fragmentos de cristales, clastos juveniles, escoria y fragmentos líticos, dando depósitos de tobas vítreas y líticas de composición basáltica y basáltico-andesítica. Estos depósitos volcanoclásticos pueden presentarse resedimentados por corrientes y flujos de masas en un medio subacuoso.

Las doleritas son rocas hipovolcánicas de color marrón, que presentan cristales milimétricos de ferromagnesianos inmersos en una matriz de plagioclasa y en ocasiones una fábrica magmática planar. Las texturas al microscopio que presentan son holocristalinas, afaníticas, de subofítica a intergranulares. Los fenocristales observados son de clinopiroxeno, ortopiroxeno y plagioclasa, con accesorios de olivino, opacos, ilmenita, carbonatos y magnetita. La roca está constituida por un entramado de fenocristales idio- subidiomorfos de plagioclasas macladas, en cuyos huecos o intersticios han cristalizado piroxenos, opacos y también algo de olivino, presente como accesorio. La plagioclasa aparece también formando algún fenocristal disperso de mayor tamaño, caracterizado por un zonado oscilatorio normal y rebordes albíticos. Los ferromagnesianos son clinopiroxeno augítico, en general subidio a alotriomorfo, ortopiroxeno gris claro también alotriomorfo, y escasos olivinos alotriomorfos. Los opacos son de ilmenita intersticial. En la roca se superpone una ligera alteración secundaria que reemplaza a los ferromagnesianos por un agregado de arcillas, zeolitas y opacos, y a la plagioclasa por sericita-illita y albita. Los opacos también se han transformado a óxidos de Fe.

Las lavas basálticas con clinopiroxeno y textura fluidal son microporfídicas, en las que los fenocristales milimétricos/submilimétricos de plagioclasas y ferromagnesianos están inmersos en una mesostasia gris afanítica. Estas rocas lávicas presentan texturas hipocristalinas microporfídicas, algo fluidales. Mineralógicamente están compuestas por fenocristales de plagioclasa y clinopiroxeno, y como componentes accesorios se observan

opacos, magnetita, ilmenita y olivino, junto a carbonatos secundarios. Al microscopio, se trata de lavas basálticas de textura microporfídica y mesostasia afanítica. Los microfenoblastos de clinopiroxeno son escasos, subidiomorfos a alotriomorfos; aparecen rodeados por una mesostasia o matriz compuesta por un agregado de cristales tabulares de plagioclasas que forman un entramado. Los piroxenos están zonados y son de composición augítica, presentándose inestables y reaccionando con la mesostasia, formando pseudocoronas de epidota, opacos y un material criptocristalino, por lo que pudiera tratarse de xenocristales. Las plagioclasas forman prismas idiomorfos de uno o varios individuos maclados de tamaños seriados, algo fluidales, o agregados tendentes a la sinneusis. La mesostasia es rica en magnetita y otros opacos. La pasta o vidrio intersticial original es poco abundante y está completamente desvitrificada y recristalizada a un agregado micro y criptocristalino de color amarillo. Algunos ferromagnesianos están completamente reemplazados pseudomórficamente a zeolitas, clorita, epidota, opacos y óxidos de Fe-Ti. Otras alteraciones secundarias son el reemplazamiento de las plagioclasas por calcita o un agregado de sericita-illita, y de los opacos por óxidos de Fe.

Los basaltos con clino y ortopiroxeno son rocas volcánicas lávicas, microporfídicas, en las que los escasos fenocristales submilimétricos claros están inmersos en una matriz oscura afanítica. Al microscopio presentan una textura hipocristalina, microporfídica, de mesostasia fluidal traquítica. La composición mineral está caracterizada por fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno y ortopiroxeno, como principales, con olivino en ocasiones, opacos, magnetita y carbonatos, como accesorios. La organización textural de la roca consiste en una mesostasia fluidal de tipo traquitoide. Los escasos fenocristales de subidio a alotriomorfos de clinopiroxeno y ortopiroxeno (menos abundante) están inmersos en una mesostasia de microfenocristales tabulares de plagioclasas macladas fluidales, que rodean a los piroxenos y al olivino, con magnetita accesoría. Los piroxenos forman agregados de varios individuos en sinneusis. La pasta o vidrio intersticial está completamente desvitrificada y recristalizada a un agregado micro y criptocristalino rico en un material feldespático, sericita y opacos. Algunos ferromagnesianos están completamente reemplazados pseudomórficamente a zeolitas, clorita, opacos y óxidos de Fe-Ti. Otras alteraciones secundarias son el reemplazamiento de las plagioclasas a calcita y sericita-illita criptocristalina y los opacos, a óxidos de Fe.

El Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate intercala niveles de coladas de lavas de composición andesítica porfídicas hornbléndico-plagioclásicas, con fenocristales milimétricos

de plagioclasa y anfíbol inmersos en una matriz afanítica de color pardo-rojizo; como componentes accesorios hay opacos, magnetita y carbonatos. Al microscopio las lavas están formadas por fenocristales idiomorfos de plagioclasas e idio- subidiomorfos de anfíboles, con granos dispersos de magnetita, y mesostasia afanítica. La mesostasia es un vidrio intersticial que ha sido completamente desvitrificado y recristalizado a un agregado micro y criptocristalino rico en sericita, feldespatos, algo de cuarzo microcristalino y opacos. La plagioclasa forma agregados de fenocristales en sinneusis de gran tamaño, aunque en conjunto son inequigranulares seriados, cuyos cristales individuales presentan zonados oscilatorios normales y rebordes albíticos. Los ferromagnesianos son de anfíbol hornblenda idiomorfa, que forman fenocristales de menor tamaño, variablemente reemplazados a clorita/zeolitas, opacos y óxidos de Fe-Ti. La alteración secundaria reemplaza a plagioclasa por grandes placas y agregados de calcita y sericita-illita. Los opacos son también transformados a óxidos de Fe.

Los depósitos volcanoclásticos estudiados son tobas vítreas y líticas de composición basáltica y basáltico-andesítica. Las tobas vítreas basálticas son rocas fragmentarias, formadas por clastos de color pardo-amarillento oscuro y matriz más clara rica en carbonatos secundarios. Los clastos son de composición basáltica y textura afanítica, mientras que los escasos fragmentos líticos son de grano grueso y están variablemente recristalizados y alterados. Al microscopio, se trata de rocas volcánicas piroclásticas, hipocristalinas, de fragmentos y matriz afaníticos, cementados y reemplazados por carbonatos. Los fragmentos son de lavas vesiculares, fluidales, esferulíticos y amigdalares, entando frecuentemente atravesadas por filoncillos rellenos de calcita. Composicionalmente, se distinguen como componentes esenciales y vitroclastos, fragmentos de lavas basálticas vítreas y vesiculares, y cristales de plagioclasa y clinopiroxeno, como componentes accesorios, escasos clastos de rocas volcánicas, y como componentes accesorios, magnetita, óxidos de Fe-Ti, filosilicatos y carbonatos. Al microscopio consisten en rocas volcánicas fragmentarias, con clastos de tamaño predominantemente grueso y composición basáltica, con una matriz secundaria y relativamente masiva. Los clastos son exclusivamente de lavas basálticas vítreas muy vesiculares, angulosos, depositados como producto de erupciones explosivas o freatomagmáticas, ya que intercalan también niveles de lapilli acreccionario. Los escasos fragmentos de rocas volcánicas son angulosos, de texturas similares y constituidos por lavas basálticas afaníticas vesiculares o con escasos microfenocristales de clinopiroxeno o tabletas de plagioclasas, que en muy escasos casos forman texturas traquíticas. El vidrio volcánico está completamente reemplazado a

agregados de zeolitas, clorita, sílice amorfa, óxidos de Fe y arcillas, que por desvitrificación forman texturas y agregados esferulíticos. Las vacuolas rellenas por calcita, clorita, zeolitas, calcedonia y opacos. No se observan fósiles en la matriz. Los fragmentos están cementados por calcita esparítica. Otros procesos de alteración observados son la sericitización y carbonatación de las plagioclasas, la cloritización de los ferromagnesianos y la oxidación de la magnetita y los opacos.

Las tobas líticas de composición basáltica son rocas volcánicas hipocristalinas, porfídicas, de matriz afanítica, con una cementación y reemplazamiento secundario por carbonatos. Las tobas estudiadas son rocas piroclásticas de composición basáltica, bastante masivas, en las que el tamaño de los fragmentos es de 1-2 mm, predominantemente de fragmentos de rocas basálticas, por lo que se trataría de tobas líticas gruesas. En alguna muestra se han observado fragmentos de fósiles de organismos bioconstructores y bioclastos carbonatados, por lo que deben intercalarse niveles de depósitos sedimentarios volcanogénicos. En las tobas se observan fenocristales de plagioclasa, anfíbol y piroxeno, con magnetita, óxidos de Fe-Ti y cuarzo como accesorios. Los cristales de plagioclasa están variablemente alterados, así como los de clinopiroxeno y anfíbol que aparecen variablemente cloritizados. Los fragmentos de rocas volcánicas basálticas son de naturaleza variada, sugiriendo una naturaleza sedimentaria volcanogénica para los clastos, observándose basaltos traquíticos, basaltos porfídicos con fenocristales de piroxeno y plagioclasa, y basaltos afaníticos. Resulta igualmente destacable la presencia de fragmentos de rocas volcánicas con clorita+epidota+mica blanca, espilitizadas. Se superpone una intensa cementación/alteración (carbonatación) con reemplazamiento de los clastos por calcita. Se observa una generación de fracturas y microgrietas de extensión rellenas de calcita. Otros procesos de alteración observados son la sericitización de plagioclasas, la cloritización y epidotización de ferromagnesianos, y la oxidación de la magnetita y opacos.

#### 2.1.1.7 Geoquímica del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba

Las muestras analizadas (Ver Fig. 2.2.2-Tabla de relación de muestras y norma CIPW) pertenecen a la Hoja de Galván y se corresponden con depósitos volcánicos de dos tipos: lavas e intrusiones sin-volcánicas y clastos procedentes de depósitos piroclásticos (tobas gruesas y bloques). En ellas se incluye una muestra perteneciente a la Unidad de El Manguito de la mencionada Hoja, unidad que se ha datado como Cretácico Superior y que

se supone que puede constituir el sustrato de las series paleógenas de la sierra de Neiba (para más detalles, se sugiere consultar la memoria de la Hoja de Galván).

Composicionalmente se trata de un grupo de basaltos y dacitas de, relativamente poco a muy fraccionadas (Mg# de 60 a 19,5), que presentan contenidos altos en álcalis ( $K_2O+Na_2O$  entre 4,6 y 9,4%), en  $TiO_2$  en las rocas menos fraccionadas (2,28% para Mg#=60) y en  $P_2O_5$ , para contenidos bajos en  $CaO <10\%$  y de  $Al_2O_3$  que oscilan entre 15 y 17%. Estas características son propias de basaltos emitidos en zonas de intraplaca. Para un Mg# similar, la relación  $Al_2O_3/TiO_2$  y los contenidos en elementos trazas (ver después) permiten separar dos grupos de basaltos en el conjunto, que estratigráficamente se corresponden con el sustrato del CVSEA, esto es, la unidad de El Manguito de la Hoja de Galván (HH9004), y el propio CVSEA (HH9061). Los primeros presentan valores de  $Al_2O_3/TiO_2 >15$  y los segundos  $<10$ , diferencias que no se corresponden con procesos de fraccionación del olivino (a similar Mg#) y referibles a distintas fuentes magmáticas. En un diagrama  $SiO_2$  versus álcalis de Cox *et al.* (1979), las rocas de la unidad de El Manguito y algunas rocas muy diferenciadas del CVSEA se sitúan en el campo de las series sub-alcálicas; el resto de las muestras del CVSEA se sitúan en el campo de las series alcalinas y próximas a la línea del límite, clasificándose como basaltos (casi hawaitas) y traquitas (Fig. 2.2.3). No obstante, los álcalis pueden haberse movilizado por alteración. En el diagrama Nb/Y versus Zr/ $TiO_2$  de Winchester y Floyd (1977) las muestras del sustrato (unidad de El Manguito) caen en el campo de los basaltos/andesitas y las muestras del CVSEA en los campos de los basaltos alcalinos y andesitas. Aunque se dispone de pocas muestras, las diferencias entre ambos grupos de rocas son también visibles en los diagramas de variación del MgO frente al  $TiO_2$  y Ni, indicando la fraccionación anterior del olivino y los óxidos Fe-Ti en las rocas del sustrato. Por lo tanto, en el grupo de rocas estudiado existe una cierta diversidad de series magmáticas, que incluyen rocas ligeramente alcalinas.

Los términos basálticos son olivino e hiperstena normativos (norma CIPW, Fig. 2.2.2), ligeramente subsaturadas en cuarzo, aunque no se han obtenido foides en la norma y sí diópsido, magnetita e ilmenita. Estos resultados son consistentes con la presencia en los basaltos del CVSEA de fenocristales de olivino, clinopiroxeno y plagioclasa en variables proporciones y, en algunos casos, de fenocristales de piroxeno pobre en Ca (hiperstena o pigeonita). En el diagrama de Cox *et al.* (1979) se han incluido los rangos composicionales de las series toleíticas de isla oceánica (OIT) de Islandia, alcalina de isla oceánica (OIA) de Ascensión ligeramente sobresaturada en sílice y la alcalina subsaturada de Tristán de

Cunha. Como puede observarse, parte de las muestras estudiadas del CVSEA caen en el campo de la serie OIA de Ascensión, aunque se dispone de muy pocos análisis de los términos básicos e intermedios.

En los diagramas *Yb versus Th* y *Zr versus Y* de Barrett y MacLean (1999), las rocas del sustrato del CVSEA (unidad de El Manguito) caen en el campo de las toleitas y se diferencian bien de las rocas del CVSEA que caen en el campo calco-alcalino (Fig. 2.2.4). La diversidad de magmas muestreada queda también patente en el diagrama triangular de discriminación tectonomagmática  $Hf/3-Th-Nb/16$  de Wood (1980), en el que los basaltos del sustrato caen en el campo de los N-MORB y las rocas del CVSEA en los campos de basaltos relacionados con subducción, y una muestra, en el campo de los basaltos intraplaca alcalinos. En el diagrama triangular  $Nb^2-Zr/4-Y$  de Wood (1980), los basaltos del sustrato caen en el campo de los N-MORB y las rocas del CVSEA en el campo de los basaltos intraplaca alcalinos (OIA series).

En un diagrama multielemental normalizado frente al Manto Primordial, los basaltos del sustrato del CVSEA presentan un patrón análogo al de los basaltos N-MORB para abundancias de HFSE y REE algo menores, y anomalías en el Ba y Sr probablemente relacionadas con la fraccionación de la plagioclasa (Fig. 2.2.5). Este patrón es muy distinto al que presentan el resto de las rocas del CVSEA, caracterizado por un fuerte enriquecimiento en elementos incompatibles LIL (K, Rb, Cs, Ba, Pb y Sr) y de HFSE (Th, U, Ce, Zr, Hf, Nb, Ta y Ti) respecto a N-MORB y muy similar a los basaltos OIB, caracterizados por una componente magmática de pluma mantélica. Los valores de las relaciones  $Zr/Nb=17$  para los basaltos del sustrato y  $<10$  para los del CVSEA, así como de otros elementos traza, permite referirlos como a basaltos N-MORB e intraplaca (OIB), respectivamente. En un diagrama multielemental normalizado frente a N-MORB, las rocas del CVSEA presentan un perfil con una fuerte pendiente negativa con un enriquecimiento en LILE y LREE. La ausencia de una anomalía negativa de Nb-Ta y de un empobrecimiento en HFSE y REE respecto a N-MORB, excluye a todas estas rocas como relacionadas con procesos de subducción.

Fig 2.2.2

Tabla relación muestras geoquímica CVSEA

Fig 2.2.3  
geoquim CVSAG 1

Fig 2.2.4  
geoquim CVSAG 2

Fig 2.2.5  
geoquim CVSAG 3

Fig 2.2.6  
geoquim CVSAG 4

Análogamente, en un diagrama extendido de REE normalizado respecto al manto primordial, las rocas del CVSEA se caracterizan por un patrón de muy fuerte pendiente negativa  $[(La/Yb)_N=20-44 \text{ para } Mg\#>40; (La/Yb)_N=28-30 \text{ para } Mg\#<40]$ , fuerte enriquecimiento en LREE, ligeras anomalías en Ti y Eu, posiblemente relacionadas con la fraccionación de plagioclasa y óxidos Fe-Ti, valores de la relación (Zr/Sm), entre 1,2 y 2,7, y una pendiente negativa en las HREE (Fig. 2.2.6). La fraccionación de HREE indica que el granate fue una fase residual en la fuente. La relación  $La/Yb>30$  es también típica de basaltos OIB y de basaltos alcalinos subsaturados. Consideradas en conjunto, estas características permiten relacionar a las rocas del CVSEA con magmas formados y segregados en una fuente mantélica con granate profunda y más enriquecida que la de los N-MORB, posiblemente asociada a una pluma magmática que da lugar a su carácter OIB intraplaca (OIA y OIT en función del grado de fusión parcial). Los basaltos del sustrato del CVSEA (unidad de El Manguito) presentan un patrón de REE análogo a los N-MORB, pudiendo tratarse tanto del basamento oceánico infrayacente que atraviesan los magmas OIB, como de basaltos formados durante el ascenso de la pluma a partir de un manto empobrecido más superficial. Los datos bioestratigráficos disponibles asignan una edad Cretácico Superior para el sustrato y apoyan la primera interpretación. En cualquier caso, en las rocas del sustrato es muy significativa la ausencia de cualquier característica relacionada con subducción. Datos de isótopos Nd y Sr podrán proporcionar más luz sobre la petrogénesis de las rocas del CVSEA.

## **2.2 Neógeno-Cuaternario (Pleistoceno)**

### **2.2.1 Mioceno**

Frente a la confusión general que se observa en la bibliografía existente en relación con la nomenclatura de las formaciones neógenas, existe unanimidad con respecto a la atribución a la Fm Sombrerito del potente conjunto margoso con intercalaciones carbonatadas que aflora en amplias zonas de la sierra de Neiba sobre la formación del mismo nombre. Su denominación se atribuye a Olsson (en Bermúdez, 1949) quien la definió en la alternancia de niveles calcáreos y margosos que afloran en el arroyo del mismo nombre.

Tanto en la sierra de Neiba como en la cuenca de San Juan aparece como una monótona sucesión rítmica de más de 500 m de espesor de margas entre las que se intercalan niveles

decimétricos de calcarenitas y calizas (unidad 8) que en sectores más orientales de las Hojas de Galván y Villarpando, pueden adquirir espesores de orden decamétrico y dan lugar a destacados resaltes morfológicos en el relieve. El contacto con la Fm Neiba superior infrayacente parece concordante; no obstante, en algunos puntos de las Hojas de Galván y La Descubierta se ha cartografiado un nivel basal de conglomerados o brechas de cantos volcánicos y calcáreos, al que eventualmente se asocian brechas netamente volcánicas (en esta Hoja, unidad cartográfica N° 7), que sugiere la existencia de una ligera discontinuidad entre ambas formaciones. También en la sierra de Bahoruco se ha señalado la presencia de un nivel conglomerático en la base de la formación (Llinás, 1972).

Aunque en la cuenca de Azua se reconocen facies similares, los niveles calcáreos parecen alcanzar allí un mayor desarrollo (Díaz de Neira, 2000); este enriquecimiento calcáreo a expensas del contenido margoso adquiere su máxima expresión en la sierra de Bahoruco, donde la formación aparece como un potente conjunto de calizas carstificadas estratificadas en bancos gruesos o masivas, con facies someras, frecuentemente arrecifales, de tal forma que se pierde el aspecto típico de la formación. Por esta razón, en este proyecto se ha sugerido la denominación de Mb (calizas de) Barahona (de la Fm Sombrero) para el conjunto calcáreo dispuesto sobre la Fm Neiba en la sierra de Bahoruco. Estas facies características de la sierra de Bahoruco también se han reconocido en el margen meridional de la sierra de Neiba en afloramientos del extremo occidental de la presente Hoja de La Descubierta (unidad 11) que se prolongan hacia el oeste en la Hoja de Boca Cachón.

Por otra parte, también se ha decidido incluir dentro de la Fm Sombrero, aunque con ciertas reservas, a una alternancia de calcarenitas, margocalizas y margas, denominadas informalmente como Unidad de Cortadero, que forman una alineación cartográfica muy clara en el flanco sur del anticlinal de Las Cañitas sobre la Fm Neiba superior.

#### 2.2.1.1 Fm Sombrero (7). Brecha volcanosedimentaria de composición básica. Mioceno. N<sub>1</sub>

Esta unidad basal sólo se ha reconocido en algunos afloramientos aislados próximos a la localidad de Apolinar Perdomo en la Hoja de Galván, y en la Hoja de La Descubierta, al sur de Los Hierros, siempre en la misma posición estratigráfica, esto es, en el contacto entre la Fm Neiba superior y la alternancia de margas y calcarenitas de la Fm Sombrero que se produce en el flanco norte del anticlinal de Las Cañitas. Su espesor es de apenas unos metros y su calidad de afloramiento muy mala, por lo que no se descarta que su continuidad

a lo largo de este flanco sea mayor que la cartografiada. En la Hoja de La Descubierta apenas se reconoce en algunos puntos del camino que une El Valle con Los Mosquitos.

En contraste con el aspecto retrabajado, prácticamente conglomerático que presenta esta unidad en el afloramiento más oriental de la Hoja de Galván, en el afloramiento de la carretera de El Aguacate de esta misma Hoja (el de mejor exposición) y en los abservados en la Hoja de La Descubierta, la unidad consiste en una brecha masiva netamente volcánica, probablemente piroclástica, formada por fragmentos de composición basáltica dentro de una matriz afanítica. En este caso, el tamaño de grano es apreciablemente menor y, de hecho, las brechas coexisten con niveles de tobas. En éstas, la textura es microporfídica o plagioclásico traquitoide, con fenocristales de plagioclasa, algunos piroxenos y opacos, todos ellos variablemente cloritizados y seritizados. La matriz, de igual composición, se presenta cementada por carbonatos y localmente se identifica algún foraminífero o briozoo lo que implica un cierto retoque sedimentario.

De acuerdo con la edad del conjunto de la Fm Sombrerito, que comprende casi todo el Mioceno, a este tramo basal se le asigna una edad Mioceno Inferior (alto), siempre algo más moderna que los niveles de techo de la Fm Neiba superior de esta misma edad. La unidad se asimila a un evento volcánico de extensión restringida que parece coincidir en el tiempo con el paso de los ambientes de plataforma abierta que caracterizan la Fm Neiba superior a los medios de llanura submarina, más profundos, donde se deposita la Fm Sombrerito.

2.2.1.2 Fm Sombrerito (8) Alternancia de margas, margocalizas (subordinadas) y calcarenitas laminadas y con *ripples*, de tonos ocre. Mioceno. N<sub>1</sub>

El escaso y estratigraficamente incompleto desarrollo de esta unidad en la Hoja de La Descubierta corresponde en parte al denominado informalmente en la región como “Tramo margoso inferior” de La Fm Sombrerito (ver memoria de la la Hoja de Galván y cuadro 2.2.1). Aflora en el corredor de El Valle-Los Mosquitos, prlongación hacia el oeste del sinclinal de Apolinar Perdomo.

A grandes rasgos se trata de una sucesión de margas grises y oscuras, amarillentas por alteración, entre las que se intercalan, de forma rítmica, niveles de calcarenitas bioclásticas de orden decimétrico de color ocre. Es característico en los afloramientos de esta Hoja, la presencia de margocalizas de tonos rosados de igual espesor decimétrico.

Los niveles calcareníticos muestran una alta proporción de aloquímicos (57- 60%), con un contenido micrítico moderado (35-38%) y esparítico bajo (2-3%), este último igual que el cuarzo; entre sus componentes texturales destaca el contenido fosilífero (68-76%), con una proporción considerable de pelets (14-20%) y menor de intraclastos (10-12%). De acuerdo con su análisis petrológico se clasifican como *packstones* bioclásticos peletoidales. Las calcarenitas poseen geometría tabular, así como granoclasificación, y pasan gradualmente a los niveles margocalcáreos y margosos. Regionalmente, el espesor de este "Tramo margoso inferior" sobrepasa 300 m pero en la Hoja de La Descubierta sólo son visibles los 100-150 m inferiores.

La ausencia de depósitos canalizados en las facies turbidíticas descritas, el tamaño de grano generalmente fino, la continuidad lateral de las capas, la proporción marga/calcarenita, la ausencia de ciclicidad y la presencia de megacapas apuntan a un medio sedimentario clásicamente interpretado como de llanura submarina (*basin plain*).

Los niveles margosos también han mostrado un elevado contenido faunístico, destacando especialmente la abundancia de Globigerínidos. En particular, la asociación de *Orbulina* universalis d'Orb., *O. suturalis* Bronnimann, *Globorotalia scitula* (Brady), *G. gr. fohsi* Cushman y Ellisor, *G. sp.*, *G. gr. continua* Blow, *G. af. obesa* Bolli, *Globoquadrina altispira* (Cushman y Jarvis), *G. deshicens* (Chapman, Parr y Collins), *G. sp.*, *Globigerinoides trilobus* (Reuss), *G. obliquus* Bolli, *G. sp.* y *Globigerina bulloides* d'Orb., además de diversos Radiolarios y espículas han señalado su pertenencia al Mioceno Medio-Superior, sin que deba descartarse que sus niveles basales pertenezcan al Mioceno Inferior.

2.2.1.3. Fm Sombrerito. Unidad de Cortadero (nom. nov.) Alternancia de calcarenitas, margocalizas y margas bien estratificadas, de tonos blancos (9). Calizas masivas ¿arrecifales? de tonos rojizos (10). Mioceno- ¿Plioceno Inferior?. N<sub>1</sub>

Esta unidad de características particulares aflora exclusivamente en el sector SE de la Hoja de La Descubierta, desde donde llega a entrar un poco en la de Galván. Forma parte del flanco meridional del anticlinal de Las Cañitas y en él se sitúa, sin ningún género de dudas, estratigráficamente por encima de la Fm Neiba superior y en contacto concordante con ésta. Su diferenciación cartográfica de esta última formación es relativamente fácil ya que, tanto en foto aérea como en paisaje, sus términos calcáreos bien estratificados de techo dan un resalte de tonos blancos muy característico y continuo todo a lo largo del pie de la sierra,

sobre el que se apoyan los depósitos marginales de la cuenca de Enriquillo (Fm Arroyo Blanco). A escala de afloramiento, sin embargo, esta diferenciación no es tan evidente al haber todo un tránsito entre las calizas tableadas de la parte alta de la Fm Neiba superior y la alternancia de margas y margocalizas que caracterizan la base de la unidad. Su denominación informal como Unidad de Cortadero procede de uno de los parajes al norte de Villa Jaragua donde aflora la serie. Otros puntos de observación son los distintos arroyos que la atraviesan perpendicularmente.

La serie presenta notables variaciones laterales en lo que a la proporción de tramos calcareníticos y margosos se refiere, pero en términos generales se puede hablar de una parte inferior (100-150 m) donde predominan las alternancias de margas y margocalizas con intercalaciones menores de calcarenitas, y una parte superior (250-300) donde las calizas y calcarenitas son claramente dominantes. En el barranco de Cortadero estas últimas se disponen en bancos de 0,5 a 0,8 m de espesor y presentan una laminación y aspecto arenoso característicos que se repite en casi todos los afloramientos. En la parte basal de predominio margoso las intercalaciones calcareníticas no suelen superar los 30 cm. Por alteración adquieren tonos amarillentos y se disgregan fácilmente. Petrográficamente corresponden a *wackestones-packestones* (en menor proporción mudstones) bioclásticos o peletoidales de foraminíferos planctónicos y bentónicos con fragmentos de ostrácodos, gasterópodos, bivalvos. Las margas son de tonos muy blancos (amarillentas por alteración) y, localmente también pueden ser arenosas.

Una peculiaridad de esta formación, especialmente en el sector SE de la Hoja de La Descubierta y casi siempre en sus tramos basales, es que a ella se asocian manantiales y arroyos de agua ligeramente salada que de hecho dan nombre a este paraje del pie de la sierra que se conoce como Arroyo Salado. No se ha podido comprobar si esta propiedad de las aguas es atribuible a la propia formación o se hereda por escorrentía o filtración de la formación contigua Neiba superior pero en cualquier caso sugiere la presencia en el sustrato de niveles de sales.

En la Hoja de La Descubierta, en el propio barranco de Cortadero, se ha cartografiado, a techo de la serie anterior, un tramo unos 50 m de espesor medio de calizas masivas de tonos rojizos con restos de corales que se ha incluido dentro de la misma unidad (10). Petrográficamente corresponde a un *waquestone* bioclástico con secciones de foraminíferos planctónicos y bentónicos, ostrácodos, algas y coralarios

No se han podido levantar series y por tanto la caracterización sedimentaria de la unidad resulta incompleta. No obstante las observaciones puntuales realizadas en los distintos afloramientos apuntan a un medio de plataforma externa relativamente similar y en prolongación al descrito para el depósito de la Fm Neiba superior pero con tendencia a la somerización, en el que los distintos tramos de calcarenitas laminadas bien podrían representar ciclos de tempestitas; a techo, la caliza masiva con fragmentos de corales representaría ya un medio de plataforma interna con aguas agitadas.

La unidad tiene un contenido faunístico abundante que en general data el Mioceno: *Preorbulina glomerosa* (Blow), *Praeorbulina circularis* (Blow), *Orbulina? universa* d'Orbigny, *Globigerina af. venezuelana* Hegberg, *Globigerina sp.*, *Globigerinoides af. trilobus* (Reuss), *Globigerinoides sp.*, *Globorotalia sp.*, *Cancris aurículus* (Fichtel y Moll), *Nodosaria sp.*, *Stilostomella sp.*, *Uvigerina af. galloway* Cushman, *Lenticulina sp.*, *Miliolidos*, *Ophthalmidiidos*, *Rotálidos*, *Textuláridos* y fragmentos de *Lamelibranchios* y *Equinodermos*. En niveles estratigráficos equivalentes a los que se ha encontrado esta fauna, hay algunas muestras con asociaciones del Eoceno que se deben considerar resedimentadas. Por otra parte, en una muestra concreta (HH-9066) se ha determinado bien el intervalo Mioceno superior-Plioceno Inferior: *Orbulina universa* d'Orb., *Globorotalia menardii* (d'Orb), *Globorotalia gr. merotumida-pleiotumida* Banner y Blow, *Globigerina af. nephentes* Todd, *Globigerina af. quinqueloba* Natland, *Globigerinoide sacculifer* (Brady), *Globigerinoides Trilobus* (Reuss), *Spaeroidinellopsis sp.*

De acuerdo con estas determinaciones paleontológicas y con su posición estratigráfica sobre la Fm Neiba superior esta unidad se asigna al Mioceno, incluido el Mioceno superior, pero no se descarta que algunos de sus términos superiores alcance al Plioceno Inferior. Por las mismas razones, se interpreta que esta unidad es un equivalente lateral de la Fm Sombrerito clásica descrita en párrafos anteriores y que muy bien puede constituir el tránsito entre ésta y la variedad en facies masivas netamente carbonatadas que aflora en la sierra de Bahoruco (Mb Barahona-ver a continuación-). Por otra parte no ha pasado desapercibida la similitud de facies de esta unidad de Cortadero con la Fm Lemba también descrita en la sierra de Bahoruco teóricamente a techo de las mencionadas calizas de Barahona.

2.2.1.4. Fm Sombrerito (11). Mb Barahona (nom. nov.). Calizas masivas de tonos beige, de aspecto brechoide o carniolar. Mioceno. N<sub>1</sub>

El Mb Barahona de la Fm Sombrerito se ha identificado en esta Hoja en un afloramiento al SSE de La Descubierta al que se accede, no sin dificultades, por algunos arroyos a la altura de Bartolomé. La atribución del afloramiento al citado Mb. Barahona se ha hecho, sin embargo, con ciertas reservas por la similitud de sus facies con las de la Fm Neiba brechoide y la ausencia en él de dataciones determinantes. En cualquier caso, justifica esta opción la aparente continuidad del afloramiento con los cartografiados (y bien datados) como Fm Sombrerito en la Hoja de Boca Cachón, en su misma posición estructural, esto es, adosados al margen sur de la sierra de Neiba y cabalgados por ella.

En los citados afloramientos de Boca Cachón, este Mb Barahona de la Fm Sombrerito se presenta con una notable variación litológica: se reconoce un tramo inferior (>100-150 m de espesor) que, tras un nivel basal de calizas arrecifales (4-5 m), está formado por una alternancia de calcarenitas, margocalizas y margas de tonos ocres dispuestas en capas decimétricas; encima, el tramo superior (>100 m de espesor) está formado por niveles de calizas bioclásticas con gasterópodos y corales retrabajados y, sobre todo, calizas masivas de tonos beige o rojizos con un aspecto carnionar o brechoide característico; completan la secuencia algunos intervalos de naturaleza volcánica (lavas vesiculares, brechas, aglomerados y tobas) que suelen intercalarse el contacto entre el tramo inferior y el superior.

El afloramiento de la Hoja de La Descubierta esta constituido enteramente por el tramo superior y, casi exclusivamente, por las facies de calizas masivas de tonos beige o rojizos y aspecto carniolar en las que apenas se ha reconocido la estratificación en algunos puntos. Petrográficamente corresponden a *packstones*, *grainstones* y *rudstones* con abundantes restos de *Coralarios*, *Briozoos*, *Melobesias*, *Gasterópodos*, *Lamelibranchios*, *Rotálidos*, *Lagénidos* y *Ophthalmídeos*, sin validez para su datación cronoestratigráfica. El espesor se estima que puede superar los 200 m. El medio de depósito de estas calizas corresponde a una plataforma interna de aguas agitadas donde eran habituales las construcciones de arrecifes.

Por correlación con los mencionados afloramientos de la Hoja de Boca Cachón y, en general con todo el Mb. Barahona que aflora en la sierra de Bahoruco, la unidad se atribuye al Mioceno.

## 2.2.2 Plioceno-Pleistoceno

2.2.2.1. Fm Arroyo Blanco. Margas de tonos claros o amarillentos con intercalaciones subordinadas de areniscas, conglomerados calizas y niveles de arrecifes (12). Nivel de arrecife (13). Conglomerados y margas de tonos claros o amarillentos con intercalaciones subordinadas de areniscas (14) Plioceno. N<sub>2</sub>

Constituye otro de los conjuntos característicos del Neógeno de la región y, tal vez, el que posee una mayor heterogeneidad litológica. Su primera cita se encuentra en Dohm (1942). En los sectores orientales de la cuenca de Enriquillo y en la cuenca de Azua se sitúa en continuidad estratigráfica sobre la Fm Quita Coraza mientras que en el seno de cuenca de Enriquillo, las perforaciones revelan que se dispone sobre la Fm Angostura aunque se supone que, lateralmente, ésta formación se debe acuñar hacia sus términos basales o pasar lateralmente a ellos. Menos dudas plantea su equivalencia lateral con la Fm Las Salinas, hasta tal punto que en el presente proyecto se ha propuesto la unificación cartográfica de ambas formaciones.

Sus cortes más representativos están en la Hoja de Vicente Noble y han sido ampliamente descritos en la literatura (McLaughlin *et al.*, 1991; Mann *et al.*, 1999), pese a lo cual sus series también se han estudiado en el presente proyecto (series del Río Yaque y Arroyo Barranca). En ellos, la Fm Arroyo Blanco, con un espesor en torno a los 1250 m, está constituida por una sucesión lutítica que intercala regularmente niveles areniscos y conglomeráticos de orden métrico y decamétrico y hacia la base, en menor proporción, yesíferos y carbonáticos, algunos de éstos son, de forma característica, calizas arrecifales. En cuanto a la organización secuencial de estas litologías, en general, a los niveles de calizas arrecifales (*framestones* y *floatstones*) les suceden ciclos estrato y granocrecientes de escala decamétrica formados por lutitas grises, areniscas con laminación cruzada, y conglomerados, que suelen estar canalizados. Hacia la parte superior, cuerpos de escala métrica arenoso-conglomeráticos se intercalan entre lutitas rojas. Lateralmente (Arroyo Barranca) la serie se puede tornar más lutítica, de tonos grises, con intercalaciones relativamente finas de calizas con fauna marina, areniscas y hasta cinco niveles de escala métrica de yesos (*grass-type and spear-type selenite*, según Mann *et al.*, 1999).

En el sector meridional de la zona de proyecto la serie corresponde a la original Fm Las Salinas. Allí se ha estudiado en los cortes de Arroyo Pozo y la Salina (Hoja de La Salina),

Mella (Hoja de Neiba), Cerros de Peñón Viejo y Cerros de San Cristóbal (Hoja de Barahona) y Cañada de El Aculadero (Hoja de Jimaní). En Arroyo Pozo, la formación Arroyo Blanco-Las Salinas descansa, en contacto mecánico, sobre los yesos y sales de la Fm Angostura. En este corte, en el de Mella y Cerros de Peñón Viejo, la serie se inicia con unas decenas de metros de lutitas grises que intercalan areniscas en ciclos positivos de escala métrica y decimétrica con laminación cruzada sigmoidal y *drapes* de arcilla. El nivel bioclástico basal ("*razorback ridge*" de Mann *et al.*, 1999) es un *coset* de 2 m de grosor con laminación cruzada sigmoidal unidireccional, con oolitos y un *lag* de ostreas, tapizado por un intervalo de 0.5 m de *ripples* de oscilación. La mayor parte de la serie, no obstante, contiene lutitas grises y rojas con intercalaciones de escala métrica de areniscas con bases canalizadas y laminaciones cruzadas, y finaliza con tramos margoso-conglomerático grises con numerosas lumaquelas y corales en posición de vida (serie La Salina, Hoja de Las Salinas al SE de las anteriores). Estos últimos tramos pueden disponerse en discordancia sobre los tramos infrayacentes, que parecen sufrir un fuerte acuñamiento en dirección este.

En el corte de la Cañada El Aculadero se ha medido la parte inferior de la Fm Salinas, ya que el resto de la serie se halla replegada, si bien sus facies son similares. Se trata de una sucesión lutítica de colores predominantemente grises que intercala intervalos en los que las lutitas alternan con limolitas y areniscas con estratificación fina, en proporción variable. La columna finaliza en un tramo de escala métrica con facies arenoso-conglomeráticas canalizadas

De acuerdo con esta descripción general, la interpretación de la Fm Arroyo Blanco y su equivalente lateral hacia el S/SO, la Fm Las Salinas, se contempla en un medio deposicional deltaico de tendencia progradante, con una paleogeografía compleja. En el frente deltaico se reconocen parches arrecifales y barras de desembocadura (*stream mouth-bars*) (parte inferior de la serie de Río Yaque). La llanura deltaica contiene ambientes lagunares y de llanura mareal con canales (Arroyo El Pozo, Arroyo Barranca), y canales distributarios de dominancia fluvial y lóbulos de *crevasse* (Arroyo El Pozo, parte superior de Río Yaque, Cerros de Cristóbal). En el sector suroeste es donde las facies son más distales y se sitúan en un ambiente de prodelta.). Los términos conglomeráticos son más abundantes hacia los márgenes de la cuenca como tectofacies que resultan del levantamiento de las sierras periféricas.

En el ámbito de las Hojas de Galván y La Descubierta, la Fm Arroyo Blanco está casi exclusivamente representada por las facies marginales. Estas se disponen en ciclos formados por niveles de conglomerados y areniscas (subordinadas) de potencias métricas que culminan con niveles de espesor variable de margas y lutitas margosas de tonos blanquecinos o amarillentos (localmente rojizos) con abundante fauna marina (14). En la Hoja de Galván, de hecho, estas son las únicas facies representadas; afloran en la pista de las Cañitas, discordantes sobre la Fm Neiba en el frente de la sierra y formando un pequeño sinclinal cuyo flanco norte está parcialmente cobijado por un cabalgamiento asociado a este frente. Desde esta transversal hacia el oeste, ya en la Hoja de La Descubierta, las mismas facies marginales afloran todo a lo largo del pie de la sierra discordantes sobre la unidad de Cortadero de la Fm Sombrerito. En este caso, los niveles de conglomerados aumentan en espesor y frecuencia hacia el frente de la sierra, y pueden llegar a formar tramos amalgamados, de tal forma que no es fácil su separación cartográfica respecto a la Fm Arroyo Seco, que con facies exclusivamente conglomeráticas continentales se intercala en la parte superior de la secuencia. Los criterios más habituales que se han utilizado para la separación cartográfica entre ambas formaciones son la mayor proporción de niveles margosos en la Fm Arroyo Blanco, con sus tonos amarillentos característicos y, sobre todo, el carácter marino de éstos.

En el sector SE de la Hoja de La Descubierta, muy próximo al límite con Galván, y estratigráficamente por encima de las facies margoso-conglomeráticas descritas anteriormente, se ha separado cartográficamente un intervalo más representativo de las facies propias de cuenca descritas en párrafos anteriores, esto es, margas que intercalan niveles (en este caso decimétricos) de areniscas, calizas laminadas, calizas arrecifales, algún nivel de yesos y también conglomerados (12); facies parecidas, con intercalaciones casi exclusivas de areniscas, se observan en la pista de Guayabal, en este caso en la base de la formación, por debajo de toda la secuencia de facies marginales margoso-conglomeráticas. Dentro de estas facies, al NE de Villa Jaragua, se ha podido separar un nivel de calizas arrecifales con entidad cartográfica (13). En resumen, la cartografía indica que las citadas facies conglomeráticas marginales se intercalan en la secuencia propia de la cuenca como respuesta al levantamiento de los relieves periféricos, en este caso la sierra de Neiba. Representan facies de abanico aluvial de tendencia retrogradante, en el que cada ciclo correspondería a un abanico. En la parte inferior las facies pertenecen a la franja proximal, mientras que hacia la parte media y superior son de abanico medio y medio-distal, respectivamente. La discordancia progresiva refleja un levantamiento del margen activo

durante la sedimentación La Fm Arroyo Seco, que se describe en el siguiente apartado, representa un impulso de mayor relevancia con progradación de facies continentales sobre las marinas.

Las muestras recogidas en la Hoja o en sus proximidades han arrojado asociaciones, fundamentalmente de foraminíferos, poco determinantes desde el punto de vista cronoestratigráfico, que en todo caso reconocen con vaguedad los intervalos Mioceno Superior-Plioceno o Pliocuaternario: *Globigerinoides gr. trilobus (Reuss)*, *Globigerinoides sp.*, *Globorotalia af. acostaensis Blow*, *Globigerina sp.*, *Nonion sp.*, *Bolivina sp.*, *Ammonia sp.*, *Plakulina sp.*, *Ammonia gr. beccarii (Linneo)*, *Ammonia af. tepida (Cushman)*, además de Radiolarios, Rotálidos y espículas. No obstante, su edad ha sido bien establecida en trabajos previos, con ostrácodos y en menor medida también con foraminíferos, como Plioceno (McLaughlin *et al.*, 1991)

2.2.2.2. Fm Arroyo Seco (15). Conglomerados calcáreos, masivos o groseramente estratificados, de tonos rojizos, con intercalaciones subordinadas de lutitas y limos arenosos. Plioceno Superior. N<sub>2</sub>

Bajo esta denominación se conoce a la formación que culmina el relleno de las cuencas de San Juan y Azua (aquí también con nombre de Fm Vía) en facies continentales de abanicos aluviales con una disposición ligeramente discordante sobre la Fm Arroyo Blanco. En este proyecto se mantiene la misma denominación para facies equivalentes del relleno terminal de la cuenca de Enriquillo pero no del todo en el mismo sentido puesto que en este caso se ha podido comprobar que estas facies continentales procedentes de los relieves periféricos emergentes no son discordantes si no que se intercalan en la parte superior de la Fm Arroyo Blanco. Por otra parte, en los sectores occidentales y meridionales de esta cuenca la Fm Arroyo Seco tampoco constituye su relleno terminal ya que por encima todavía existe el registro correspondiente a la Fm Jimaní, con la que quizá en parte sea equivalente.

En las Hojas de Galván y La Descubierta, la Fm Arroyo Seco aflora adosada a los relieves del frente de la sierra donde se dispone de manera discordante sobre las Fm Neiba superior o la unidad Cortadero de la Fm Sombrerito; inmediatamente hacia el sur, como se ha señalado anteriormente, se interdigita con los términos más altos de la Fm Arroyo Blanco. En la Hoja de Galván hay buenos cortes de la formación en la pista de Las Cañitas y en el barranco con el mismo nombre y también se observa bien en paisaje desde la pista de El

Barro. Sin embargo el corte más espectacular y más provechoso para las observaciones sedimentológicas es el del río Barrera, en la Hoja de La Descubierta, al norte de la localidad de Los Ríos. En este corte, con un espesor mínimo de 800 m, los conglomerados se organizan en, al menos, 11 ciclos granocrecientes que forman discordancia progresiva, con acuñamiento de la serie hacia el norte. Internamente, en cada ciclo se distingue un término inferior en el que alternan lutitas, areniscas y conglomerados, y un término superior en el que los conglomerados son predominantes. El ciclo basal, muy cubierto, descansa sobre la alternancia de margas, margocalizas y calcarenitas de la unidad de Cortadero

En los ciclos inferiores predomina el tamaño grava gruesa (2 a 6 cm) o canto (6 a 20 cm), no hay una estructura interna definida y son frecuentes las amalgamaciones. En la parte media de la formación domina el tamaño grava y, a escala de afloramiento, las capas son tabulares y presentan buena clasificación, con niveles de cantos lavados e imbricados. La naturaleza de los cantos es mayoritariamente calcárea. En la parte superior se mantiene el tamaño de los cantos pero las intercalaciones de areniscas y lutitas, con tonos blanquecinos o amarillentos, son más frecuentes.

De acuerdo con esta descripción, la unidad se interpreta depositada en un sistema de abanicos aluviales de tendencia retrogradante, en el que cada ciclo negativo corresponde a un lóbulo deposicional. En la parte inferior las facies son de abanico proximal, mientras que hacia la parte media y superior las facies son de abanico medio y medio-distal, respectivamente. La discordancia progresiva, con un ápice en el que convergen buzamientos subverticales o invertidos en la parte inferior, y de apenas 15-20° en la superior, refleja un levantamiento activo del frente de la sierra de Neiba durante la sedimentación

El carácter continental de esta formación no facilita su datación; que se debe deducir de su intercalación en la parte superior de la Fm Arroyo Blanco y de la edad de la Fm Jimaní suprayacente (Pleistoceno): en consecuencia, la edad de la Fm Arroyo Seco en este sector de la cuenca de Enriquillo se puede acotar en el Plioceno Superior y quizá alcance hasta el Pleistoceno Inferior

2.2.2.3. Fm Jimaní. Alternancia de niveles bien estratificados de calizas con gasterópodos, calizas con corales y margas de tonos claros (16). Alternancia de calizas arrecifales y

---

conglomerados de tonos rojizos (17). Calizas arrecifales de tonos rojizos (18). Alternancia de calizas arrecifales y conglomerados de tonos rojizos (19). Pleistoceno. Q<sub>1-3</sub>

La formación Jimaní fue definida por Arick (1940) y luego por Olsson (*en* Bermúdez, 1949) al norte del pueblo del mismo nombre, en la parte oeste de la cuenca de Enriquillo. Su zona principal de afloramiento son los relieves de colinas y llanuras semi-desérticas de dirección general NO-SE, situados en torno a la frontera de la República Dominicana con Haití. Estos relieves sobrepasan los cien metros de altitud y separan la depresión del lago Enriquillo al este (alrededor – 40 m) de la correspondiente al lago Saumâtre de Haití, al oeste.

El espesor de la formación es variable. En el extremo occidental de la cuenca de Enriquillo se estiman 300 m en Boca Cachón y unos 500 m en Jimaní, con un máximo de 1000 m si se añade la pila de conglomerados que se indentan con la parte superior de la formación. En el centro de la cuenca de Enriquillo, el sondeo de petróleo Charco Largo-1 cortó, entre una cobertera cuaternaria y la Fm Las Salinas, una serie de 210 metros de arcillas, areniscas, conglomerados y calizas comparable en facies y edad a la sección tipo de Jimaní (Mann *et al.* 1999). En la parte noreste de la cuenca de Enriquillo y en la cuenca de Azua, los equivalentes laterales de la Formación Jimaní, al menos en parte, son sedimentos detríticos gruesos de las formaciones de Arroyo Seco y Via, de edad Plioceno Superior-Pleistoceno.

Regionalmente, la Fm Jimaní descansa mediante contacto discordante sobre la Fm Arroyo Blanco-Las Salinas (McLaghlin *et al.*, 1991) y constituye el relleno terminal de la cuenca de Enriquillo propiamente dicha; en los márgenes occidentales del lago Enriquillo, la formación esta parcialmente cubierta, en discordancia, por el arrecife subactual periférico del lago Enriquillo.

En la Hoja de La Descubierta, la Fm Jimaní aflora exclusivamente entre las localidades de Postrer Río y La Descubierta, más concretamente en las inmediaciones del paraje de Los Cuarteles, donde se apoya, con buzamiento general al norte, ligeramente discordante sobre la alternancia de conglomerados y margas de la Fm Arroyo Blanco (14) y es cabalgada por la Fm Neiba brechoide del flanco sur del anticlinal de la Descubierta. En esta zona se han distinguido cuatro unidades cartográficas que forman una sucesión de más de 600 m de espesor. Las cuatro unidades coinciden aproximadamente, aunque con sus particularidades, con las definidas en las series tipo de las Hojas de Jimaní y Boca Cachón (ver memorias de estas Hojas), en las que la formación alcanza su máximo desarrollo, y permiten considerar

igual que en ellas, de manera informal, una serie inferior, esencialmente margo-calcárea, y una serie superior con predominio conglomerático:

- la unidad basal (16) consiste en una alternancia de calizas tableadas y en bancos blanquecinas o amarillentas, que hacia techo intercalan frecuentes niveles de margas de tonos claros. El espesor de esta unidad supera los 150 m. En la mitad inferior de la unidad, la serie se organiza en ciclos de entre 2-5 m a 10 m formados por un término inferior de calizas *wackestone* y *packestone* finamente estratificadas (2 a 10 cm) y laminadas, con abundantes gasterópodos y ostrácodos, y un término superior de calizas *packestone-grainstone* a *floatstone-rudstone* dispuestas en bancos (de 1 a 3 m de espesor), con laminación algal y porosidad fenestral y también abundantes restos fósiles, en este caso gasterópodos, ostrácodos, bivalvos, foraminíferos y, sobre todo, corales. A techo de algunos ciclos puede aparecer un paleocarst. En la mitad superior de la unidad, con peor exposición, predominan las margas, entre las que se intercalan niveles decimétricos de lumaquelas de lamelibránquios, gasterópodos, algas coralíneas y foraminíferos béntónicos.
- sobre la unidad anterior y mediante un contacto no observable, aparentemente gradual, aparece en la serie una primera intercalación de términos conglomeráticos rojos que, dominantes en la base, pasan hacia techo a alternar con niveles métricos de calizas oquerosas masivas y algunos niveles de calcarenitas (17) que incluyen restos de corales, oncoides, peloides y clastos muy micríticos y extraclastos de caliza, trazas omnipresentes de actividad bacteriana (encrustamientos), algas coralíneas y dasicladáceas y foraminíferos bentónicos.
- con un espesor que puede superar los 100 m, la serie anterior culmina con un fuerte resalte que coincide con un tramo de espesor variable entre 5 a 20 m, formado en su mayoría por calizas masivas arrecifales (18). Esta calizas son típicamente oquerosas y de característicos tonos rojizos; corresponden a *floatstones-rudstones* bioclásticos formados por secciones de gasterópodos, bivalvos, ostrácodos y sobre todo, algas y corales.
- sobre el resalte anterior se apoya una potente (>300 m) serie de conglomerados y brechas calcáreas de tonos rojizos (19) procedentes de los relieves contiguos de la Sierra de Neiba. Los cantos tienen un tamaño medio dominante de 5 cm, la matriz es

escasa y el cemento, también calcáreo, es abundante. Las brechas predominan en la parte inferior de esta unidad donde forman tramos masivos de más de 5 m de espesor. Los conglomerados se organizan en ciclos de escala métrica, de base neta erosiva y relleno granodecreciente multiepisódico, separados por finos intervalos de limolitas rojizas. Localmente se observa laminación paralela con pasadas de cantos y microconglomerados, y localmente se reconoce imbricación y laminación cruzada de media escala. La unidad tiene mal acceso y no se ha podido comprobar si en algún momento llega a intercalar de nuevo algún nivel de calizas arrecifales tal y como parece intuirse en paisaje. Estos términos conglomeráticos muy probablemente equivalen a la Fm Arroyo Seco, pero por su relación cartográfica en este afloramiento de Los Cuarteles con la Fm Jimaní, se ha optado por integrarlos dentro de esta última unidad.

La facies y contenido faunístico de la Fm Jimaní permiten interpretar su depósito en el contexto de una bahía poco profunda con conexiones intermitentes con el mar Caribe. Dentro de él, la unidad basal marca un episodio marino transgresivo sobre la Fm Las Salinas, de ambiente perimareal confinado, con restricciones de salinidad, que desarrolla ciclos de somerización de baja energía. El intervalo superior margoso de esta unidad representa un ambiente deposicional restringido entre salobre y lacustre. Encima se generaliza un medio periarrecifal, probablemente mediolitoral a supralitoral interno de aguas salobres a dulces y eventuales exposiciones en ambiente subaéreo. Los conglomerados corresponden a abanico aluviales-*fan deltas* que en su parte inferior se interdigitan con un sistema de parches arrecifales. Estas litologías representan tectofacies que responden al levantamiento de las sierras contiguas.

De León (1983) considera a la Fm Jimaní de edad plio-pleistocena, basándose en la macrofauna (*Chilone cancellata*, *Corbula constricta*, *Arca imbricata*, *Lucina pectinata*, *Batillaria minima*) y en los foraminíferos identificados por Bermúdez (1949): *Elphidium gunteri*, *E. Advenum*, *Palmerinella palmarae*, *Streblus beccarii* var. *ornata*. McLaughlin y van der Bold (1991) proponen restringir esta edad al Pleistoceno sobre la base de raros casos de *Campylocythere perieri* citados por Bold (1975) en el flanco sur del Lago Enriquillo. La nanoflora cosechada en términos limosos de esta formación en la vecina Hoja de Boca Cachón, aunque generalmente mal conservada, indica una edad comprendida entre el Plioceno Superior y el Pleistoceno (Deschamps, 2004). La presencia del marcador *Gephyrocapsa oceanica* (NN19-21) y la ausencia del marcador *Reticulofenestra lacunosa*

(NN15-19) permiten, no obstante, restringir la edad al Pleistoceno Medio-Superior (zonas NN20-21), esto es, una edad máxima de aproximadamente 0,4 Ma.

### **2.3 Cuaternario (Pleistoceno sup.-Holoceno)**

Los depósitos cuaternarios de la Hoja de La Descubierta presentan cierta variedad por la presencia en ella del Lago Enriquillo con cuya evolución más reciente, desde la última invasión marina, se relaciona la presencia del arrecife subactual que lo rodea y diversos depósitos lacustres. Por otra parte, en la Hoja no hay ningún curso fluvial de importancia y, por tanto, los depósitos fluviales no tienen la entidad que alcanzan en el sector oriental de la cuenca en relación con la evolución del río Yaque del Sur. Sí tienen cierta importancia los depósitos cuaternarios directamente condicionados por la creación de relieve, y entre ellos destacan, por su extensión y volumen de depósitos movilizado, los sistemas de abanicos aluviales y conos de deyección asociados al levantamiento de la sierra de Neiba, y los coluviones y (en menor medida) deslizamientos que ocurren en el interior de la misma. Consecuencia de este levantamiento es también el fuerte encajamiento de la red fluvial, puesto de manifiesto especialmente en los valles de los ríos Barreras y Guayabal. También hay que señalar, por su presencia constante en las sierras calcáreas, los depósitos de fondo de dolina, la mayoría sin representación cartográfica por sus reducidas dimensiones, y algunos rellenos de zonas endorreicas

#### 2.3.1. Depósitos cuaternarios litorales relacionados con la evolución del Lago Enriquillo

2.3.1.1. Arrecife subactual. Limos, areniscas y conglomerados aluviales asociados (20). Arrecife de coral (21). Bioconstrucción de algas (22). ¿Pleistoceno?-Holoceno. ¿Q<sub>1-4</sub>?- Q<sub>4</sub>

Un arrecife holoceno emergido rodea la periferia del Lago Enriquillo y aparece en la isla de Cabritos y en la depresión del Limón al oeste de Duvergé. Yace en contacto discordante sobre un paleorelieve modelado en las formaciones plegadas de Neiba, Sombrerito, Las Salinas y Jimaní, e incluso cubre a abanicos aluviales del final del Pleistoceno. Se halla esencialmente indeformado con una pendiente deposicional entre las cotas 0 y -35m. Su aparición sobre las aguas del lago en el anticlinal de la isla Cabritos sugiere que localmente está afectado por un plegamiento suave (Mann *et al.*, 1984).

Mann *et al.* (1984) y Taylor *et al.* (1985) describen diversas facies repartidas zonalmente de forma perpendicular a la antigua línea de costa. De base a techo distinguen:

- a) un horizonte basal con ostreidos (*Sognomon alatus*) gasterópodos y bivalvos, con potencia decimétrica, que sirve de sustrato para el crecimiento de los corales. Este horizonte, datado como 9960 +/- 100 BP (Taylor *et al.*, 1985) indica un ambiente marino muy poco profundo (intermareal) que evoluciona rápidamente hacia condiciones de mar abierto que implica un aumento de la profundidad del medio (transgresión);
- b) una unidad de biohermos de corales masivos multilobulados y subcolumnares (*Siderastrea sp.* *Montastrea sp.*) de alrededor de 15 a 20m de espesor; se interpretan como facies del arrecife externo (Taylor *et al.*, (1985). Este episodio incluye repeticiones cíclicas en las que alternan aportes de sedimentos y recrecimientos, con profundidades que oscilan entre 3 y 25 m (Stenmann y Johnson, 1992). Las dataciones por C14 indican para este intervalo edades comprendidas entre 8990 ± 60 BP y 6490 ± 130 BP (Taylor *et al.*, 1985).
- c) una unidad masiva con corales ramosos (*Acropora cervicornis*) de potencia plurimétrica a decamétrica; esta unidad, acumulada *in situ* sobre los biohermos, representa la cresta (ref crest) de los arrecifes por (Taylor *et al.* 1985). La zona con *A.cervicornis*, da edades entre 6200 ± 80 BP y 4760 ±100 BP (Taylor *et al.*, 1985) y es característica de un medio de baja energía somero (<4mts.) (Stenmann *et al.* 1992); corresponde a una fase de crecimiento ascendente rápido del arrecife hasta la proximidad del nivel del mar. Una segunda intercalación de corales masivos (*Lamontastrea annularis*), de espesores más reducidos (3-4 m) puede aparecer por encima de la zona con *A. Cervicornis*;
- d) una unidad de sedimentos supra-arrecifales. En zonas que no han sido erosionadas, la unidad de corales ramosos está recubierta por sedimentos muy finos con fragmentos de conchas de la parte trasera del arrecife (*Brachiontes modiolus*, *Lucina pectinata*, *Diplodonta sp.*, *Arca sp.*, *Chama sp.*, *Neritina sp.*, *Tagelus*, *Mytilopsis*), que pasan muy rápidamente hacia el techo a sedimentos lacustres bien estratificados (de hasta 2 m) ricos en gasterópodos (*Hydrobiid sp.*). Estos sedimentos muestran la evolución gradual de condiciones salobres a un medio lacustre de agua dulce marcando el final de las condiciones marinas en la depresión. La edad más reciente obtenida en estos niveles es de 2820 ± 40 BP (Taylor *et al.*, 1985).

- e) construcciones de algas (estromatolitos) superiores, coronan los arrecifes de manera discontinua en pequeñas macizos de potencia plurimétricas. Su emplazamiento es sincrónico o ligeramente posterior a la de los sedimentos supra-arrecifales. La presencia de numerosos restos de gasterópodos (*Hydrobiid sp*) es igualmente indicativo de un medio salobre. Este nivel cierra la formación arrecifal holocena y suele coincidir con la actual cota de 0 m.

La fauna arrecifal holocena de Enriquillo engloba una treintena de especies de escleractínidos e hidrocorolarios asociados a numerosas especies de lamelibranquios y gasterópodos. Esta fauna es común en los arrecifes caribeños modernos, la ausencia de algunas especies características de corales se cree debida a las condiciones de baja energía del depósito.

De acuerdo con las edades mencionadas anteriormente, el crecimiento del arrecife coralino comienza en el año –9020 BP y se interrumpe en el año –4760 BP. El cese del crecimiento arrecifal fue heterócrono a escala local (Stemann y Johnson 1992). La retirada definitiva del mar y el tránsito a un régimen lacustre lo marca la edad de 2820 BP obtenida en los sedimentos suprarrecifales.

El arrecife se desarrolló como consecuencia de la rápida elevación del nivel marino después del último episodio post-glacial, que provocó la entrada del mar Caribe en la depresión de Enriquillo desde la bahía de Neiba (alrededor de –9000 años BP). Más tarde, hacia – 5000 años BP, los depósitos deltaicos del río Yaque del Sur colmataron su desembocadura y provocaron junto con la elevación tectónica, la desconexión con la bahía y la muerte del arrecife (Mann *et al.*, 1984; Taylor *et al.*, 1985). La evaporación rápida de la superficie lacustre en clima árido ha creado el lago salino actual de Enriquillo con una superficie oscilante alrededor de la cota –42 m y ha permitido la exposición completa de la secuencia arrecifal. Las condiciones excepcionales de observación y de conservación (ausencia de compactación y de recristalizaciones diagénéticas) lo convierten en un lugar privilegiado para los estudios paleoambientales y paleobatimétricos.

En la Hoja de la Descubierta, el arrecife subactual se puede observar en diferentes puntos a lo largo del margen norte del Lago Enriquillo; cabe destacar en todo caso, por su mejor exposición, los afloramientos de un barranco sin nombre situado 1,2 km al este de Las Clavellinas y el de la cañada de El Mión localizado 1 km la este de Postrer Río. A excepción

del horizonte basal con ostreidos (a), en casi todos ellos es posible reconocer, al menos parcialmente la secuencia anteriormente descrita. Por cuestiones de escala, en la cartografía sólo se ha distinguido el cuerpo fundamental del arrecife, que agrupa las unidades (a) a (d) arriba descritas (unidad cartográfica N° 21), y, no sin cierta exageración, el nivel estromatolítico superior (e) que forma un resalte muy continuo observable tanto en foto aérea como en paisaje (unidad cartográfica 22). Adicionalmente, en el citado barranco al este de Las Clavellinas, se ha diferenciado una unidad de limos y areniscas, en la que se intercalan niveles de conglomerados de abanico aluvial, sobre la que existen dudas que representen el tramo (d) de sedimentos suprarrecifales o más bien depósitos marinos (con intercalaciones de abanicos aluviales) lateralmente equivalentes al arrecife (unidad N° 20). La importancia de este afloramiento radica en el basculamiento al sur superior a los 20 ° que muestran estos depósitos, muy posiblemente relacionado al movimiento de la falla de Enriquillo.

### 2.3.2. Depósitos cuaternarios asociados a la dinámica fluvial

2.3.2.1. Abanicos aluviales y conos de deyección de la vertiente sur de la sierra de Neiba: conglomerados calcáreos, bien (23 y 24) o variablemente cementados (25 y 26), con intercalaciones de arenas y limos. Abanicos aluviales y conos de deyección indiferenciados (27). Pleistoceno sup.-Holoceno. Q<sub>1-4</sub>

En la vertiente sur de la sierra de Neiba correspondiente a la Hoja de La Descubierta, se distingue, en función del grado de encajamiento, cuatro generaciones de abanicos aluviales y conos de deyección que coinciden con las establecidas en la Hoja contigua de Galván. De acuerdo con las relaciones cartográficas observadas, en términos generales, parece que los dos más antiguos (23 y 24), con mayor extensión (>1-2 km<sup>2</sup>), espesor (de 20 a >50m) y grado de cementación, son anteriores o simultáneos al desarrollo del arrecife subactual periférico del Lago de Enriquillo, y se les asigna una edad Pleistoceno sup.-Holoceno, mientras que los dos más modernos (25 y 26), de menor extensión (< 1-2 km<sup>2</sup>), espesor (< 30 m) y grado de cementación, lo atraviesan y, por tanto, serían posteriores a él, es decir claramente holocenos.

En el interior de la Hoja, el resto de conos y abanicos, sin posibilidad de comparación temporal con los anteriores, se dan como indiferenciados (27).

Litológicamente están constituidos por conglomerados y gravas (mayoritariamente calcáreas) con diferentes de grados de cementación en función de su antigüedad, que intercalan frecuentes niveles de arenas y, en sus partes más distales, limos y arcillas. En las partes proximales abundan los bloques que alcanzan tamaños superiores a los 50 cm.

#### 2.3.2.2. Terrazas. Gravas, arenas y limos (29).Pleistoceno sup.-Holoceno. Q<sub>1-4</sub>

Se han agrupado en esta unidad todas las terrazas existentes en la Hoja que, en cualquier caso, son escasas al no haber cursos fluviales de cierta entidad. Su mayor desarrollo se asocia a los cursos de los ríos Barreras y Gauyabal. Por su escasa representación no se han separado en niveles, pero en general corresponden a terrazas bajas, salvo algunas que quedan “colgadas” a mayor altura sobre el nivel del cauce actual, que corresponderían terrazas medias. Están constituidas mayoritariamente por conglomerados y gravas calcáreas con niveles de arenas y limos. Su espesor puede variar entre 3 y 20 m. Su edad es claramente holocena, pero las más antiguas podría pertenecer al Pleistoceno.

#### 2.3.2.3. Aluvial-coluvial. Limos y arenas con cantos y niveles de conglomerados (31). Holoceno. Q<sub>4</sub>

En la confluencia de algunos arroyos poco encajados se han distinguido depósitos de aluvial-coluvial que esencialmente responden a mantos de arroyada sobre superficies relativamente inclinadas. Son limos y arenas con cantos y niveles de conglomerados que no superan los 5-6 m de espesor. Su edad es holocena

#### 2.3.2.4. Fondo de valle (depósitos localmente discontinuos) (35). Cantos, arenas y gravas. Holoceno. Q<sub>4</sub>

Los fondos de valle de los principales ríos y arroyos de la Hoja son depósitos localmente discontinuos formados por cantos, arenas y gravas, en proporciones variables.

### 2.3.3 Depósitos cuaternarios asociados a la dinámica gravitacional

2.3.3.1. Deslizamientos de ladera (28). Bloques y masas calcáreas y de rocas volcánicas, con cantos, arenas y limos. Pleistoceno sup.-Holoceno. Q<sub>1-4</sub>

En la sierra de Neiba, los deslizamientos representan un grupo importante de depósitos cuaternarios aunque su desarrollo en esta Hoja de La Descubierta es escaso en comparación con la contigua Hoja de Galván. Se desarrollan principalmente en el sector oriental de la Hoja y, de forma concreta, en el contacto entre la Fm Neiba superior y el Conjunto Volcanosedimentario o la Fm Sombrero, favorecidos por el contraste de permeabilidades entre estas formaciones, las altas pendientes y quizá también, el fuerte levantamiento de la sierra y las sacudidas sísmicas. Movilizan importantes volúmenes de bloques y masas calcáreas y de rocas volcánicas dentro de una matriz limo-arcillosa con arenas y cantos. Se asignan al intervalo Pleistoceno sup.-Holoceno.

2.3.3.2. Coluviones (30). Limos, arenas y cantos. Holoceno. Q<sub>4</sub>

Básicamente, son depósitos de cantos heterométricos subangulosos englobados en una matriz limo-arenosa, procedentes del desmantelamiento de las vertientes de la sierra; por ello, la naturaleza de sus componentes varía en función de la constitución del área madre. Su potencia es variable, siempre de orden métrico. Su edad es holocena

### 2.3.4 Depósitos cuaternarios derivados de la meteorización química

2.3.4.1. Depósitos de fondo de dolina (32). Arcillas de descalcificación. Holoceno. Q<sub>4</sub>

Corresponden a arcillas rojas de aspecto masivo, que constituyen el producto de la descalcificación de los materiales calcáreos por acción de procesos kársticos. Sus afloramientos se reparten por toda la sierra en relación con los materiales carbonatados de la Fm Neiba pero en general no tienen representación cartográfica, salvo en algunas dolinas de mayor entidad desarrolladas en la Fm Neiba inferior. Su espesor varía en función de la envergadura de los procesos de disolución, y pueden superar los 3 m. Su edad se ha asignado, de forma bastante imprecisa, al Pleistoceno -Holoceno, sin que se deba descartar que su desarrollo comenzara incluso en el Plioceno.

### 2.3.5 Depósitos cuaternarios asociados a áreas lacustres y endorreicas

#### 2.3.5.1 Relleno de zonas endorreicas. Limos y arenas con cantos (33). Holoceno. Q<sub>4</sub>

En diversos puntos del interior de las sierras calcáreas se han observado áreas endorreicas a las que se asocian depósitos de limos y arenas con cantos de escaso espesor. La única con entidad cartográfica en esta Hoja se localiza en la depresión de Guayabal, a la salida de un arroyo que proce encarcamientos y desaparece por fenómenos cársticos.

#### 2.3.5.2. Depósitos lacustres asociados a los márgenes del Lago Enriquillo. Limos y arenas laminadas (34). Holoceno. Q<sub>4</sub>

En la Hoja de La Descubierta se han cartografiado como depósitos lacustres recientes los limos y arenas laminadas que afloran en los márgenes del Lago Enriquillo. Su espesor visible no supera los 4 m.

### 3.TECTONICA

En este capítulo se abordan las características estructurales de la Hoja de La Descubierta y su evolución tectónica. Como preámbulo, se hace una exposición del contexto geodinámico de la isla de La Española, en cuya parte centro-meridional se encuentra ubicada esta Hoja, y del marco geológico estructural de la zona de estudio. A continuación se describe la estructura de la Hoja de La Descubierta y posteriormente se discute esta estructura en el contexto de la Cuenca de Enriquillo y las sierras limítrofes, presentando una propuesta de evolución tectónica para el conjunto de la región.

#### 3.1 Introducción. Contexto Geodinámico

La isla La Española es la segunda en extensión de las Antillas Mayores que forman el segmento septentrional de la cadena de arcos de isla que circunda la placa del Caribe desde Cuba hasta Venezuela (Fig. 3.1.1 y 3.1.2). Entre las denominaciones más habituales para referirse a esta cadena están las de Gran Arco del Caribe (Mann *et al.*, 1991b) o Arco de Isla Circum-Caribeño (Burke, 1988). Todos los segmentos de este Gran Arco de Islas son litológicamente similares y todos ellos se empezaron a formar en el Pacífico, a partir del (Jurásico Superior?)-Cretácico Inferior (Mann *et al.*, 1991 b), como un arco volcánico más o menos continuo, el cual migró hacia el Este durante el Cretácico Superior y parte del Terciario, hasta alcanzar su posición actual en la región del Caribe (Pindel y Barret, 1990, Pindel, 1994) (Fig. 3.1.3). Los procesos relacionados con el desarrollo y evolución de este arco en el segmento correspondiente a la isla de La Española y, especialmente, en sus estadios finales, son los que conforman el cuerpo fundamental de este capítulo.

La Española, conjuntamente con Puerto Rico, constituye una unidad que puede interpretarse como una microplaca, limitada al norte por una zona de subducción con desplazamiento oblicuo a subparalelo a su traza y al sur, por otra zona de subducción incipiente a la que se asocia la Fosa de los Muertos (Byrne *et al.*, 1985; Masson y Scanlon, 1991) (Fig. 3.1.1). El margen norte de la placa del Caribe ha evolucionado desde constituir un límite controlado por subducción en el Cretácico y parte del Eoceno, a ser hoy, tras la colisión de esta placa con la plataforma de las Bahamas (colisión arco-continente), un límite dominado en gran parte por desplazamientos en dirección de carácter senestro que acomodan el desplazamiento hacia el este de la placa del Caribe en relación con Norteamérica (Mann *et al.*, 1991b). La colisión con la plataforma de Las Bahamas, con

componente oblicua, fue diacrónica, ya que comenzó en el Eoceno Medio en Cuba (Pardo *et al.*, 1975) y terminó en el Oligoceno Inferior en Puerto Rico (Dolan *et al.*, 1991). Entre estas dos islas, en el segmento correspondiente a La Española, la colisión ocurrió en el intervalo Eoceno Medio-Superior. La tectónica transcurrente comenzó, en este margen norte de la placa, a partir del Eoceno Medio con la apertura del Surco del Caimán en un régimen transtensivo (Mann *et al.*, 1991 b) y se mantiene hasta la actualidad, en un contexto fundamentalmente transpresivo para todo el conjunto de la isla.

A partir del Eoceno, el margen meridional de la Isla de la Española y Puerto Rico ha pasado desde comportarse como una trasera de arco al comienzo del Eoceno, a constituir en la actualidad un margen activo con subducción de la corteza oceánica del Caribe bajo el arco de islas Circum-Caribeño (Burke *et al.*, 1978; Burke, 1988; Dolan *et al.*, 1991). En consecuencia, a partir del Eoceno Superior, la sedimentación y deformación de las cuencas de trasera de arco generadas en relación con el arco de islas Circum-Caribeño, pasan a estar controladas por procesos típicos de una cuenca de antearco. En relación con esta deformación de la parte meridional de la Isla se produce el levantamiento de las sierras del sur y en el núcleo de algunas de ellas los afloramientos de rocas oceánicas (sierras de Hote, Selle y Barohuco)

La placa del Caribe se desplaza hoy día hacia el este respecto a las placas Norte y Sudamericanas (Dolan y Mann, 1998; Dixon, 1998; DeMeets, 2000, Mann *et al.*, 2002). Este movimiento relativo se acomoda, en el margen septentrional de la isla por la zona de subducción de la fosa de Puerto Rico y por la falla Septentrional, en un tipo de articulación en el que se conjugan la convergencia oblicua, en la primera y los movimientos sinestrales, en la segunda (Dolan y Mann, 1998; Dolan *et al.*, 1998) (Fig. 3.1.4). En el interior de la isla, el citado movimiento relativo lo articula principalmente la zona de falla de Enriquillo-Plantain Garden (Mann *et al.*, 1991b), que interviene directamente en la zona de estudio.

La estructura de la zona de estudio es el resultado de la superposición de la mayoría de los procesos que se acaban de mencionar, si bien en ella intervienen de forma especial la transformación de la cuenca trasera de arco en un margen activo a partir del Eoceno, el levantamiento de una parte de la meseta oceánica del Caribe a partir del Mioceno y la tectónica desgarres, en parte simultánea con las anteriores, pero que sobre todo ha incidido en su evolución más reciente.

Fig. 3.1.1

Contexto geodinámico y elementos estructurales de la placa del caribe

Fig. 3.1.2

Configuración actual de las placas y elementos tectónicos del arco circun-caribeño

Fig. 3.1.3 y 3.1.4

Esquema del origen y evolución de la placa del caribe y Bloque diagrama del límite  
septentrional

Entre los dominios que la integran, el más meridional, la sierra de Bahoruco, constituye un fragmento emergido de la meseta oceánica del Caribe. Los territorios situados entre este dominio y la cuenca trasera propiamente dicha del arco de isla (el Cinturón de Peralta), fueron incluidos por Mann *et al.* (1991 a) en el terreno de Presqu'île du Nord-Ouest-Neiba, y presentan más dudas sobre su adscripción regional. Esto es así por cuanto se desconoce si su sustrato está formado por la meseta oceánica que aflora en la sierra de Bahoruco ( Mann *et al.*, 1991b, 2002) o si, por el contrario, este sustrato podría estar constituido por unidades meridionales del arco isla similares o lateralmente equivalentes a las observadas como sustrato en el Cinturón de Peralta (Díaz de Neira, 200 a; Gómez Sainz de Aja, 2000 ). Por el momento, se desconoce la posición y naturaleza del límite entre ambas unidades tectónicas. Esta cuestión tiene que ver, además, con la continuidad hacia el oeste del prisma acrecional de la fosa de Los Muertos, que algunos autores sugieren que se prolonga hacia el interior de la isla (Biju Duval *et al.*, 1983; Dolan *et al.*, 1991) pero que otros sugieren que se interrumpe contra una supuesta transformante de Beata o lo desplazan a favor de ésta (Mann *et al.*, 2002). Ayuda a esta indefinición el hecho de que mientras que al este de la supuesta transformante, se conoce bien la estructura cortical de la Española y Puerto Rico que responde a dos zonas de subducción, una al norte y otra al sur, con buzamientos hacia el interior de estas islas, sin embargo al oeste del accidente de Beata la estructura cortical es desconocida.

### 3.2. Marco geológico estructural de la zona de estudio

En la figura 1.3.2 (ver capítulo 1) se muestra la zona de estudio en su marco geológico estructural. En ella, además de los cuatro dominios que se han cartografiado en el presente proyecto, Sierra de Neiba, Sierra de Bahoruco, Sierra de Martín García y Cuenca de Enriquillo, se representan otros dominios y estructuras de su entorno que, por intervenir directa o indirectamente en la evolución de aquellos, merecen una mención previa.

Al norte y NE hay que destacar **la Cordillera Central**. Dentro de ella, en su segmento centro-meridional más próximo a la zona de estudio se distinguen dos dominios principales (Mann *et al.*, 1991b; Dolan *et al.*, 1991, Heubeck y Mann, 1991; Hernaiz Huerta 2000 a y b; Hernaiz Huerta y Pérez Estaún, 2002): a) un “**basamento**” representado por formaciones oceánicas y de arco isla que fueron generadas y amalgamadas durante el intervalo Jurásico Superior-Eoceno (Bowin, 1966, Draper *et al.*, 1994, 1996; Lewis *et al.* 2002); los sectores

más occidentales y meridionales de este basamento, están representados por la Fm Tireo (Bowin, 1966) que consiste en una potente serie de rocas volcanoclásticas con intercalaciones menores de lavas y niveles sedimentarios del Cretácico Superior, perteneciente al Arco Isla Circum-Caribeño y b) El **Cinturón de Peralta**, parte dominicana del terreno de Trois Rivières-Peralta, consiste en una potente secuencia de rocas sedimentarias del Cretácico Superior- Pleistoceno, que con una dirección general NO-SE discurre a lo largo del flanco meridional de la Cordillera Central (Mann *et al.*, 1991 b; Heubeck y Mann, 1991; Hernaiz Huerta y Pérez-Estaún, 2002).

El contacto entre estas dos unidades se resuelve mediante un cabalgamiento de la primera sobre la segunda, aunque ha podido ser modificado por fallas con movimiento en dirección (Fig. 1.3.2): falla de San José-Restauración (Mann *et al.*, 1991 b). No obstante, en algunos puntos se ha podido comprobar el contacto originalmente discordante de algunas formaciones del Cinturón de Peralta (Jura y Ventura) sobre la Fm Tireo (Díaz de Neira 2000 a; Gómez Sainz de Aja, 2000 ) circunstancia que, por otra parte, permite considerar a esta última formación como el sustrato más probable de al menos una buena parte de la cuenca trasera de Trois Rivières-Peralta

Entre la Cordillera Central y la Sierra de Neiba, se localiza la **Cuenca de San Juan** que, con un perfil geométrico sinforme relativamente sencillo, está rellena por más de 7.000 m de materiales terciarios y cuaternarios correspondientes a ambientes marinos en la base y continentales a techo (Norconsult, 1983; García y Harms, 1988; Mann *et al.*, 1991 b y d). Esta cuenca se sitúa en el antepaís del Cinturón de Peralta y tanto su relleno como su estructura interna han sido controladas principalmente por la evolución estructural de éste (Mann *et al.*, 1991 b y d). Su límite norte con este cinturón consiste en una falla inversa o cabalgamiento frontal con un importante salto dirección (falla San Juan-Los Pozos) y algunos autores le atribuyen grandes desplazamientos sinestrales durante el Oligoceno-Mioceno (Pindel y Barret, 1990; Dolan *et al.*, 1991). El límite sur o sureste con la sierra de Neiba es, sin embargo, menos neto y se resuelve por medio de un sistema escalonado de fallas de alto ángulo con saltos menores en la vertical y también en dirección. En su extremo SE, donde se produce el enlace con la Cuenca de Enriquillo, la Cuenca de San Juan adquiere el nombre de Cuenca de Azua. Además, este cambio toponímico responde también a un cambio cierto en la geometría de la cuenca que justifica su individualización: a) sustrato elevado respecto a la de San Juan, b) consecuentemente, menor espesor de relleno (inferior a los 3.000 m); y c) mayor complejidad estructural; todos ellos, efectos

adicionales producidos por la acción localizada de la indentación de Beata (Díaz de Neira, 2000 b) y, probablemente, la falla de Enriquillo.

Otro elemento estructural a considerar en la región es **la cresta oceánica de Beata** (Heubeck y Mann, 1991), promontorio alargado con forma de cuña hacia el norte que se dispone en el centro de la meseta oceánica del Caribe con una dirección NNE-SSO transversalmente a los límites meridional de la isla La Española y septentrional de la placa Sudamericana (Mauffret y Leroy, 1997). Según Heubeck y Mann (1991) y Mann *et al.* (1991 d), la cresta de Beata funcionó a partir del Plioceno Medio como una indentación empujada desde el otro margen, bajo el cual subduce (Mauffret y Leroy, 1997).

Por último, hay que hacer mención, por sus implicaciones neotectónicas, al **vulcanismo cuaternario** del sector centro-occidental de la isla, de naturaleza principalmente calcoalcalina aunque en sus estadios finales también hay emisiones de carácter alcalino. Este vulcanismo se dispone en una banda de dirección NNE-SSO y 10 a 20km de ancho que atraviesa la Cordillera Central y la Cuenca de San Juan hasta entrar ligeramente en la zona de estudio. Para algunos autores (Mann *et al.*, 1991d) tiene una relación genética con la cresta aunque también sugieren que alternativa o adicionalmente, el vulcanismo pudo estar controlado por la terminación oriental de la falla de Enriquillo en un contexto transtensional.

### **3.3 La estructura de la zona de estudio**

Se describe en este apartado la estructura de la zona de estudio referida no estrictamente a la Hoja de La Descubierta sino que en ella se incluyen, para su mejor comprensión, referencias a las Hojas limítrofes.

#### **3.3.1 La estructura de la Sierra de Neiba**

La estructura de la sierra de Neiba (Fig. 2.1.1- ver capítulo 2) está definida por pliegues de longitud de onda kilométrica, generalmente limitados por fallas inversas o cabalgamientos de alto ángulo, y una intensa fracturación, en parte singenética con aquellos, en parte sobrepuesta que, en conjunto configuran un domo de geometría anticlinorial elevado más de 2000 m sobre las cuencas contiguas de San Juan y Enriquillo.

Los pliegues presentan, de forma característica, direcciones cambiantes de NO-SE a E-O e incluso ENE-OSO y una disposición escalonada y en relevo en sentido sinistral de sus trazas axiales que, no obstante, determinan, para el conjunto de este dominio, unas directrices regionales ONO-ESE (Fig. 2.1.1 y 3.3.0). Las estructuras más prominentes coinciden con grandes pliegues anticlinales en cuyos núcleos afloran las series calcáreas de la Fm Neiba y el Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate. Es habitual y también definitorio, que estos anticlinales presenten doble inmersión y que, por tanto, desaparezcan en escasos kilómetros para ser relevados en dirección por una nueva estructura. No obstante, toda la estructura anticlinorial de la sierra muestra una clara tendencia a la inmersión hacia el ESE y ello determina que las series más antiguas (Neiba inferior y Neiba brechoide) afloren principalmente en los sectores occidentales, mientras que las más modernas (Neiba superior, Sombrerito) lo hacen principalmente en los sectores orientales. Los sinclinales, en general, quedan restringidos cartográficamente a estrechas bandas por cuanto sus márgenes están fallados y cobijados parcialmente por los flancos cabalgantes de las grandes estructuras anticlinales que los limitan (principalmente por el norte). Sus núcleos suelen estar ocupados por la Fm Sombrerito en los sectores orientales y por la Fm Neiba superior o el Conjunto Volcanosedimentario en los occidentales.

La poca continuidad y relevo de las estructuras en dirección comentada anteriormente no impide, sin embargo, que en el ámbito de la zona de estudio se reconozcan una serie de alineaciones anticlinales y sinclinales cuya estructura en detalle se describe a continuación (Fig. 2.1.1):

- El sinclinal de Vallejuelo. Es un sinclinal con una media longitud de onda de 5-6 km, que ocupa los sectores más septentrionales de las Hojas de Villarpando y Galván donde aflora ampliamente la Fm Sombrerito y, en menor grado, la Fm Trinchera. En planta, su eje presenta una acusada inflexión al pasar de tener una dirección ENE-OSO en la primera, a ONO- ESE en la segunda (Fig. 2.1.1). En sección, el plano axial es subvertical o ligeramente vergente al sur en la Hoja de Galván pero pasa a ser ligeramente vergente al norte, en la de Villarpando (Figs. 3.3.1 y 3.3.2). En esta Hoja, la estructura consiste en un sinclinorio, en el que el plano axial del anticlinal intermedio y del sinclinal más meridional reproducen de nuevo una ligera vergencia al sur. Esta estructura tiene continuidad cartográfica y enlaza hacia el sur con la siguiente.

Fig.3.3.0

Proyecciones estereográficas

Fig.3.3.1

Panel de cortes 1

Fig. 3.3.2 A

Panel de cortes 2 A

Fig 3.3.2 B

Panel de cortes 2 B

- La alineación anticlinal de Cabeza de Toro-El Aguacate-Sabana del Silencio, que discurre desde el sector meridional de la Hoja de Villarpando hasta la parte norte de las Hojas de La Descubierta y Boca Cachón (Fig. 2.1.1). Esta alineación en realidad consiste en una sucesión escalonada y en relevo de anticlinales en cuyo núcleo aflora la Fm Neiba superior (en las Hojas de Villarpando y Galván-este) y la Fm Neiba inferior y el Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate (en las Hojas de Galván-centro/oeste, La Descubierta y Boca Cachón). En el trayecto que corresponde a las Hojas de Galván y La Descubierta, el flanco meridional de esta alineación es cabalgante sobre el sinclinal contiguo al sur de Apolinar Perdomo, con una traslación relativamente importante en esta primera Hoja, que se va amortiguando tanto hacia el SE como hacia el NO. En este sector, la zona de mayor complejidad corresponde al flanco meridional del anticlinal de El Aguacate en el que la estructura se resuelve mediante un doble cabalgamiento: el más septentrional superpone la Fm Neiba inferior sobre la superior y omite completamente el tramo volcanosedimentario intermedio; el más meridional, superpone la Fm Neiba superior, completamente invertida e individualizada en una escama, sobre la Fm Sombrero del sinclinal contiguo (Figs. 2.1.1, 3.3.1 y 3.3.2). La traslación mínima hacia el sur que se deduce de la cartografía para cada uno de estos cabalgamientos es de 1 y 2 km, respectivamente. Desde esta zona, la traslación se amortigua con rapidez hacia el SE y la alineación anticlinal recupera una geometría más sencilla, que viene definida en el sector SE de la Hoja de Galván por un perfil anticlinorial vergente al sur y ligeramente cabalgante sobre el sinclinal de Apolinar Perdomo y más al este, ya en la Hoja de Villarpando, por una inequívoca disposición escalonada de sus ejes en sentido sinistral, que se sumergen definitivamente hacia el este bajo los depósitos de la Cuenca de San Juan-Azua (Fig. 2.1.1).

Hacia el NO, sin embargo, persiste la complejidad al mantenerse, en buena parte del flanco meridional del anticlinal de la Sabana del Silencio, la actitud invertida de la Fm Neiba superior y cabalgante hacia el S/SSO. En el sector central de la Hoja de La Descubierta, la citada traslación del cabalgamiento se amortigua del todo y es reabsorbida por la aparición de un nuevo anticlinal (anticlinal de Los Bolos), al sur de la alineación principal. Entre este anticlinal y el contiguo al norte de la Sabana del

Silencio, el valle intermedio de Los Bolos, coincide con un sinclinal volcado vergente al sur (sinclinal de Los Bolos), cuyo margen septentrional esta parcialmente cobijado por una falla inversa de alto ángulo. El núcleo de este sinclinal volcado lo ocupa el Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate (Fig. 2.1.1).

Los principales anticlinales pertenecientes a esta alineación (El Aguacate, Los Bolos, Sabana del Silencio), presentan, de forma característica, ejes con inmersión en ambos sentidos que a veces se bifurcan. Esta inmersión es acusada, de alto ángulo y afecta sólo a un segmento pequeño de la traza del pliegue, lo que indica una nucleación rápida y localizada de las estructuras.

- El sinclinal de Apolinar Perdomo. Es contiguo al sur con alineación anticlinal de Cabeza de Toro-El Aguacate-Sabana del Silencio y sus relaciones con ella, en parte se han descrito en el apartado anterior. El sinclinal tiene su máxima expresión cartográfica en el sector SE de la Hoja de Galván donde se presenta con un perfil de sinclinal volcado vergente al sur aunque con un plano axial relativamente erguido (Fig. 3.3.1 y 3.3.2). Hacia el NO el sinclinal ve notablemente reducidas sus dimensiones en planta al estar su flanco norte ampliamente cobijado bajo el anticlinal de El Aguacate. Más al NO, ya en la Hoja de La Descubierta, a la altura de Los Mosquitos, el efecto del acortamiento complica su geometría al producir, dentro de él, la individualización de una pequeña escama de escasa continuidad lateral (escama de Los Mosquitos) constituida por la Fm Neiba superior. El perfil asimétrico del sinclinal se mantiene prácticamente en todo su recorrido y el enlace con la alineación anticlinal contigua al sur se produce mediante un flanco largo que suele estar afectado por fallas rectilíneas en el contacto entre la Fm Sombrerito y la Fm Neiba superior infrayacente.
- La alineación anticlinal de Las Cañitas-La Descubierta. Es la otra gran estructura anticlinal de la zona, y define el sector meridional de la Sierra de Neiba entre las Hojas de Galván y La Descubierta (Fig. 2.1.1). Se caracteriza porque a ella están asociados los principales afloramientos de la Fm Neiba brechoide. En la parte central de la Hoja de La Descubierta la estructura presenta una marcada inflexión, muy probablemente inducida por el movimiento sinistro de una o varias fallas transversales de dirección NNE-SSO a ENE-OSO, que producen el giro de sus ejes desde direcciones E-O y NE-SO, al oeste, a direcciones ONO-ESE al este. No

obstante, esta alineación anticlinal presenta la misma tendencia a la inmersión hacia el ESE que todo el resto de la sierra, de tal forma que el haz de pliegues anticlinales y sinclinales que caracteriza su terminación oriental desaparecen al NE de la localidad de Neiba, ocultos bajo los depósitos cuaternarios más recientes de la Cuenca de Enriquillo (Fig. 2.1.1). En la zona del límite entre las Hojas de Galván y La Descubierta, la estructura adquiere su máxima anchura cartográfica como consecuencia del desarrollo de un anticlinal adicional (anticlinal de El Barro) al sur del anticlinal principal de las Cañitas. El perfil de la estructura en esta zona corresponde, por tanto, a un anticlinorio formado por dos anticlinales y un sinclinal intermedio, cuyos planos axiales son subverticales o ligeramente vergentes tanto al norte como al sur (Fig. 3.3.1 y 3.3.2). Pese a su amplitud cartográfica, el anticlinal más meridional y el sinclinal intermedio desaparecen lateralmente con cierta rapidez, hacia el NO, contra las fallas transversales mencionadas anteriormente, y hacia el SE, contra un cabalgamiento que a su vez parece coincidir con una o varias fallas del mismo tipo.

En el sector occidental de la Hoja de la Descubierta esta alineación presenta una mayor indefinición estructural que, en parte, es consecuencia de las dificultades que ofrece la cartografía de la Fm Neiba brechoide. En este sector, la estructura mejor reconocida corresponde al anticlinal cartografiado al norte de las localidades de La Descubierta y Postrer Río (anticlinal de La Descubierta), del que se puede decir que constituye la prolongación, o el relevo, del anticlinal de Las Cañitas.

La sucesión de estructuras principales que se acaba de describir se pierde o es más difícil de seguir en el sector más occidental correspondiente a la Hoja de Boca Cachón y ello se debe principalmente a dos factores: por una parte, la ya mencionada inmersión de todo el conjunto de la sierra hacia el ESE, condiciona una mayor monotonía litológica en este sector y que las estructuras no sean cartográficamente tan evidentes; pero también es cierto que en esta transversal las estructuras presentan perfiles menos apretados como pone de evidencia el hecho de que entre ellas apenas existan estructuras cabalgantes o fallas inversas (Fig. 2.1.1).

La geometría del margen meridional de la sierra de Neiba, en su tránsito a la Cuenca de Enriquillo, se caracteriza por la ausencia de un frente cabalgante neto y con grandes desplazamientos como el que, por ejemplo, sí se da en el contacto del Cinturón de Peralta con las Cuencas de San Juan o de Azua (Figs. 1.3.2 y 2.1.1). Los perfiles sísmicos

realizados en la Cuenca de Enriquillo (Canadian Oil Superior Ltd. 1979, en Norconsult, 1983) sugieren una cierta continuidad entre el perfil sinforme de ésta y perfil anticlinal de la sierra. En este trabajo se interpreta que el enlace entre ambas lo articula un sistema de fallas inversas o cabalgamientos de alto ángulo, con sucesivos saltos en la vertical, pero sin (aparentes) recorridos importantes en sentido horizontal (Fig. 3.3.1 y 3.2.2). La mayoría de estos cabalgamientos estarían ocultos bajo los depósitos marginales de la cuenca y, de hecho, algunos de ellos se han reconocido en los citados perfiles sísmicos; otros, se han inducido mediante la construcción de los cortes geológicos. Un ejemplo, en superficie, de estas estructuras, es el cabalgamiento que limita por el sur anticlinal de La Descubierta y que con un plano de alto ángulo superpone la Fm Neiba brechoide sobre la Fm Jímaní, la más alta en la secuencia del relleno de la cuenca, lo que implica un importante salto en la vertical (Fig. 2.1.1). Este cabalgamiento se prolonga hacia el oeste, ya en los dominios de la Hoja de Bocha Cachón, donde probablemente es un desgarré. Sin embargo, hacia el este se pierde su continuidad y la geometría del frente de la sierra pasa a estar caracterizada por la disposición monoclinial, con fuerte buzamiento al sur, de las series calcáreas y margocalcáreas de las Fms. Neiba superior y Sombrerito, que forman un flanco parcialmente fallado en profundidad y cabalgante al sur, sobre el que se apoyan discordantes las series que forman el relleno marginal de la cuenca (Figs. 2.1.1, 3.3.1 y 3.3.2). Este es el caso de la transversal de las Cañitas-El Barro y, en general, del resto de las transversales del frente de la sierra hasta su terminación oriental. En este último segmento de la sierra de Neiba, la geometría del frente tiene una complicación adicional puesto que si bien, por una parte, la sísmica indica una cierta continuidad de las estructuras, con dirección NO-SE, hacia el interior de la cuenca, la disposición cartográfica escalonada en sentido sinistral y asintótica de los pliegues, sugiere su interrupción contra la supuesta traza de la falla de Enriquillo.

Por lo que respecta al tipo de deformación, ésta es frágil y las fallas principales generalmente llevan asociada una banda de deformación cataclástica. En los planos de falla, lo normal es que las estrías muestren movimientos superpuestos, en dirección e inversos, pero también se han observado planos con movimientos exclusivos en uno u otro sentido. El plegamiento está controlado por un mecanismo dominante de deslizamiento capa a capa, como ponen de manifiesto la existencia de estrías también sobre los planos de estratificación. Aunque no es habitual, en algunos puntos del sinclinal más apretado de Apolinar Perdomo se ha observado, en las margas de la Fm Sombrerito, una esquistosidad asociada al plano axial (Fig. 3.3.0) de pliegues menores de escala mesoscópica, desarrollados por cizalla horizontal inmediatamente debajo del plano principal de

cabalgamiento (por ejemplo, Hoja de Galván, en la pista de subida a La Petaca). En otros puntos (Hoja de Galván, pista de El Mundito) el flanco inverso asociado a este mismo cabalgamiento desarrolla trenes de pliegues menores en cascada producidos por el mismo efecto de cizalla. Otro efecto de carácter local asociado a los principales anticlinales es la presencia, en ambos flancos, de fallas normales que parecen acomodar un cierto colapso producido durante su desarrollo; son especialmente evidentes en el flanco norte del anticlinal de la Sabana del Silencio donde omiten parte de serie del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate y en el flanco sur de esta mismo anticlinal y del anticlinal de El Aguacate, donde una falla de estas características se sobre impone a la traza del cabalgamiento más meridional.

### 3.3.2. La fracturación. La falla de Enriquillo

La Hoja de La Descubierta está afectada por una intensa fracturación, cuyo estudio en detalle excede los objetivos del proyecto. Por esta razón, en este trabajo se ha optado por hacer un análisis cartográfico de la misma, enfocado principalmente a determinar su posible relación con las estructuras de plegamiento y cabalgamiento descritas en párrafos anteriores.

En la figura 3.3.3 (ver también Fig. 3.3.0) se representan las principales fallas y fracturas que afectan a la zona de estudio y su entorno regional, seleccionadas y sintetizadas a partir de las cartografías 1:50.000 de cada Hoja. En la figura 3.3.4 se han resaltado en color y por familias o sistemas, aquellas fallas en las que las evidencias cartográficas permiten asignarles un sentido de movimiento. Se han dejado en blanco y negro y sin resaltar aquellas fallas en las que no se ha podido determinar el sentido de movimiento o en las que éste no es tan evidente, aunque en algunas de ellas también se ha indicado.

Hay dos sistemas en los que sus fallas presentan direcciones y sentidos de desplazamiento bastante consistentes. Son los sistemas NNO-SSE y ENE-OSO que, en planta, reproducen mayoritariamente sentidos de movimiento en dirección, dextrales y sinestrales, respectivamente. Ambos sistemas alteran y modifican las trazas de los pliegues y cabalgamientos pero es el segundo el que de forma más clara muestra una relación genética con ellos, como se desprende de sus relaciones de corte, asintóticas y escalonadas. Este sistema es el principal responsable de los giros en planta y alabeos de

Fig. 3.3.3

Esquema estructural de la zona de estudio (sin interpretar)

Fig. 3.3.4

Esquema estructural de la zona de estudio interpretado

las estructuras mayores en la sierra de Neiba, donde, además, sus fallas delimitan transversalmente las terminaciones de los grandes núcleos anticlinales y les confiere un aspecto romboidal o de facoides a gran escala. Pese a estos efectos cartográficos tan evidentes, las fallas asociadas a este sistema tienen trazados en superficie poco netos y discontinuos que quizá se puedan explicar por su funcionamiento temprano desde las primeras etapas del plegamiento o, también, porque en realidad representen el reflejo en superficie de accidentes de zócalo.

El sistema NNO-SSE tiene su mayor incidencia en el sector central de la sierra de Neiba, donde sus fallas presentan, especialmente en la primera, trazados muy netos y acusados desplazamientos en planta con sentido dextral. Algunas fallas de este sistema producen, en pliegues y cabalgamientos, efectos similares al descrito anteriormente, que evidencian su desarrollo simultáneo con ellos, aunque, en general este sistema muestra, respecto al anterior, mayores pautas de sobre imposición a las estructuras. En esta misma sierra, este sistema de fallas presenta un cierto giro en planta y pautas asintóticas, al menos en apariencia, contra la traza discontinua de la falla de Enriquillo, consistente con el sentido de movimiento sinistral de ésta.

En la figura 3.3.4 se ha separado con distinto color, un sistema de dirección NE-SO a NNE-SSO, donde se caracteriza por cortar a las estructuras principales en sentido casi perpendicular. Las fallas de este sistema tienen pautas de movimiento peor definidas que los anteriores y parte corresponden a fallas con componente normal y otra parte a desgarres con desplazamientos menores tanto dextrales como sinestrales.

Completan el esquema de fracturación de la zona de estudio numerosas fallas de dirección E-O a ONO-ESE que, en general, muestran desplazamiento sinestrales de pequeña cuantía. Estas fallas son subparalelas a la falla de Enriquillo y se desarrollan principalmente al norte de ésta, donde parecen conformar un corredor o una banda o de cizalla muy distribuida que coincide en anchura con el propio dominio de la sierra de Neiba.

Elemento principal dentro del esquema de fracturación es **la falla de Enriquillo**. En su prolongación hacia el oeste por la península meridional de Haití, esta falla presenta un trazado E-O relativamente neto al que se asocian inflexiones contractivas, escarpes, desplazamientos de la red de drenaje y elevaciones de arrecifes subactuales, que han

permitido determinar sin ambigüedad su sentido de desplazamiento sinestral (Mann *et al.*, 1995), aunque no del todo la cuantía del mismo, que algunos autores han estimado en 30-50 km (Van der Berghe, 1983; Calmus, 1983). En territorio dominicano, ya dentro de la zona de estudio, esta falla queda oculta bajo los depósitos cuaternarios del Lago Enriquillo y a partir de aquí, comienzan las estructuras en relevo y los puentes y su trazado cartográfico es difícil de determinar hasta su completa desaparición en el seno de la Cuenca de Azua, posiblemente contra el accidente de Beata. En el presente trabajo se adopta como solución más plausible, la propuesta por Mann (1983) y Mann *et al* (1991c) que en sus cartografías, sitúan la falla coincidiendo con la costa norte de la isla Cabritos y con la terminación meridional de la sierra de Neiba. En la zona del Lago Enriquillo, este autor basa sus argumentos en la estructura anticlinal muy localizada que (en las líneas sísmicas) se observa en el subsuelo de la isla Cabritos: el autor interpreta esta isla y las dos más pequeñas situadas hacia el este, como tres anticlinales sucesivos, escalonados en sentido sinestral contra la traza de la falla. Refuerza su hipótesis, el levantamiento topográfico del arrecife subactual a la altura de Las Clavellinas, medido por el mismo autor y colaboradores por medios taquimétricos y que se relaciona con el movimiento de la falla (Taylor *et al.*, 1985). En el presente trabajo, se ha podido comprobar, en este mismo punto (Hoja de la Descubierta, X: 0230800.; Y: 5047600), un notable basculamiento hacia el sur (20-25°) de la serie limoarcillosa que acompaña al arrecife, que se puede atribuir al mismo efecto

En el sector más oriental de la zona de estudio, la falla de Enriquillo se relaciona con el trazado rectilíneo del margen meridional de la sierra de Neiba más aún si se considera la disposición escalonada sinestral de los pliegues que afectan a esta sierra, contra ella. En este sector, Mann *et al.* (1995) ya identificaron escarpes de terraza, contrastes de vegetación, desplazamientos en la red de drenaje y manantiales con travertinos que asociaron con su movimiento. En el presente trabajo se han cartografiado varias fallas de dirección E-O que cortan y desplazan los sistemas de abanicos aluviales más antiguos procedentes de esta sierra, sin que ninguna de ellas se pueda identificar con la traza concreta de esta falla, aunque también puede ocurrir que en este sector la falla se diverticule en varios ramales.

### 3.3.3. Correlación de la estructura con el mapa de aeromagnético.

Como complemento a la descripción de la estructura, se ha procedido a una correlación con el mapa de gradiente magnético vertical que, en la Zona SO del proyecto L, ofrece una

imagen más próxima a la superficie que el reducido al polo. En esta zona, el mapa radiométrico presenta amplias áreas con vacíos de datos y su respuesta no ofrece mejoras respecto al de gradiente vertical.

En la figura 3.3.5 se han superpuesto los contactos geológicos y las estructuras extraídas del esquema geológico regional de la zona (Fig. 2.1.1), al mapa de gradiente vertical, en el que se han dejado las etiquetas correspondientes a las principales anomalías descritas en el informe de preliminar elaborado al comienzo de este proyecto por García Lobón (2003). Los números 1 a 18 corresponden a distintas anomalías, puntos o alineaciones con buena correlación en la estructura, de las que a continuación se describe las que tienen que ver con la Hoja de La Descubierta y su entorno más inmediato.

Probablemente la correlación más obvia corresponde a la de las anomalías N1 a N8 con el vulcanismo del Complejo Volcanosedimentario de El Aguacate (Nº 1). Esta correlación es tanto litológica como estructural por cuanto estas anomalías reproducen la presencia de este vulcanismo y las estructuras anticlinales a las que está cartográficamente asociado, incluida su disposición escalonada. Llama la atención que estas anomalías reproducen mejor la estructura de los anticlinales que el propio contorno de los afloramientos del Complejo Volcanosedimentario.

Los afloramientos de la Fm Trinchera dan lugar a anomalías que prácticamente mimetizan sus contactos cartográficos en el siclinal de Vallejuelo (Nº 5). Las anomalías las causa el prácticamente exclusivo origen volcánico e ígneo de los materiales detríticos que constituyen esta formación con alto contenido en magnetita.

En el centro de la Hoja de Galván (y sector oriental de la La Descubierta), una alineación magnética de dirección NO-SE viene a coincidir con las fallas o cabalgamientos que limitan el sinclinal de Apolinar Perdomo, si bien también parece que reproduce los materiales margosos poco magnéticos de la Fm Sombrero que ocupan el núcleo de este sinclinal.

El trazado rectilíneo del margen meridional de la sierra de Neiba produce una acusada alineación magnética que refuerza la hipótesis de su relación con la traza de la falla de Enriquillo (Nº 17).

Fig. 3.3.5

Correlación mapa aeromag con la estructura

La anomalías relacionadas con el vulcanismo de la sierra de Neiba y sus anticlinales reflejan desplazamientos o interrupciones bruscas en sentido NE-SO o ENE-OSO que se deben asimilar a las fallas con esta misma dirección cartografiadas en superficie (Nº 18).

### **3.4. Modelo de evolución tectónica de la zona de estudio y edad de la deformación**

La integración de los datos estructurales procedentes de todas las Hojas que engloban a la Cuenca de Enriquillo y sus sierras circundantes (Neiba, Bahoruco y Martín García) permite comprender mejor el tipo de deformación regional y la relación entre las diferentes estructuras. El conocimiento regional alcanzado durante la elaboración del Proyecto L-Zona SO (SYSMIN) de Cartografía Geológica de la RD y los datos ya existentes (Mann, 1983; Norconsult 1983; McLaughlin *et al.*, 1991; Mann *et al.* 1991c, Mann *et al.*, 1994; Mann *et al.* 1995; Mann *et al.* 1999; entre otros ) permiten observar que la zona de estudio está dominada por estructuras contractivas con una fuerte participación de desgarres. Para su análisis, en una zona de este tipo se debe tener en cuenta tanto la geometría en corte de las estructuras como su desarrollo en planta. La figura 3.3.3 presenta un mapa estructural integrado, procedente de las diferentes Hojas del proyecto y la figura 3.3.1 una serie de cortes a través de las estructuras mayores. La descripción detallada de cada zona se puede encontrar en las memorias correspondientes.

Los cortes seriados de la figura 3.3.1 (ver también figura 3.3.2) dan cuenta principalmente del carácter compresivo de la estructura general que viene definida por los cabalgamientos de alto ángulo y con sentido opuesto de las Sierras de Bahoruco y de Neiba sobre la Cuenca de Enriquillo y por el perfil sinclinal de ésta entre ambas, que le confiere el carácter de “cuenca entre rampas” (*ramp basin*) ya descrito en la literatura (Mann *et al.*, 1991 b). Los cortes también muestran el carácter más localizado del frente cabalgante de la Sierra de Bahoruco respecto al perfil más transicional entre la Sierra de Neiba y la Cuenca de Enriquillo, así como los cabalgamientos en el interior de ésta que, con vergencia sur, involucran a la formación Angostura, con un comportamiento halocinético añadido. En el corte más oriental, la Sierra de Martín García emerge como un gran anticlinal en el seno de la cuenca, con márgenes cabalgantes sobre ella, el meridional, de alto ángulo y con un importante salto en la vertical, y el septentrional, más gradual, se articula con sucesivos cabalgamientos de ángulo medio y menor salto. No son cortes geológicos de “*plane strain*”, debido a la existencia de muchos desplazamientos fuera del plano (desgarres) y por ello

solo proporcionan una idea de una componente del acortamiento, el medido perpendicularmente a la dirección de los pliegues, que para el horizonte de la base o el techo de Fm Sombrerito (y equivalentes) se ha calculado de 7,5 km (10%), en el corte C-C', a 11,75 km (15%), en el corte D-D'.

En la Sierra de Neiba, los cortes (Fig. 3.3.2) muestran la geometría dominante de sus pliegues con ángulos entre flancos relativamente abiertos ( $120^{\circ}$ ) a algo cerrados ( $75^{\circ}$ ) y planos axiales subverticales o ligeramente vergentes al sur. Una excepción a esta pauta general es la estructura cabalgante del anticlinal de El Aguacate sobre el sinclinal de Apolinar Perdomo, en la que la traslación en la horizontal superior a 2 km se resuelve mediante dos cabalgamientos con planos algo más tendidos que producen una vergencia al sur más acusada. El perfil geométrico individual de estos pliegues y, sobre todo, el de esta última estructura, es comparable al de los pliegues de propagación de falla. La ausencia de perfiles sísmicos en el interior de esta sierra impide conocer si, en profundidad, estos planos enraízan con alguna superficie de despegue o, más bien, como parece deducirse de la cartografía, tienden a la verticalización. La estructura del margen norte de la Sierra de Neiba, muestra el mismo tipo de pliegues, limitados igualmente por cabalgamientos de alto ángulo, aquí vergentes al norte (García y Harms, 1988). El cambio de vergencia, desde el sinclinal de Vallejuelo hacia el norte, no obstante, se intuye ya en la Hoja de Villarpando (cortes D-D', Fig. 3.3.1; y IX-IX', 3.3.2). Una línea sísmica con buena resolución, realizada para la exploración petrolífera de la Cuenca de San Juan (Fig. 3.4.1; Nemec, 1980) resulta definitoria de la estructura del margen norte de la Sierra de Neiba. En ella, los principales reflectores identificados en el seno de la cuenca resultan afectados, en el contacto con la sierra, por sucesivos cabalgamientos de alto ángulo que se verticalizan aún más en profundidad. Una observación adicional en esta línea es que las secuencias de relleno de la cuenca comprendidas entre estos reflectores apenas muestran acunamiento hacia este margen.

La estructura, en corte, de la Sierra de Martín García responde a las mismas pautas que la Sierra de Neiba y lo mismo se puede decir de la vertiente norte de la Sierra de Bahoruco donde todavía es más evidente la asociación del plegamiento, incluida la franja frontal más deformada, a fallas inversas o cabalgamiento de alto ángulo.

Fig. 3.4.1

Linea sísmica de la cuenca de San Juan de Nemec

Un análisis de las pautas cartográficas y la evolución en planta de los pliegues y cabalgamientos y su relación con la fracturación ya descritas en apartados anteriores (Figs. 2.1.1 y 3.3.3) muestra las siguientes observaciones: 1) los pliegues anticlinales presentan una geometría no cilíndrica, cónica, con doble inmersión de sus charnelas en corto espacio; 2) existe un relevo relativamente rápido de los pliegues, proporcionando una disposición escalonada de los mismos y de los cabalgamientos que los limitan contra fallas o sistemas de fallas que los interrumpen o desplazan asintóticamente hacia su traza; 3) muchos de los aparentes cabalgamientos en el trazado cartográfico se observa finalmente que tienen una importante componente como fallas con movimiento en dirección; 4) existe un gran desarrollo de varios sistemas de fallas con direcciones y sentidos de movimiento, en general consistentes entre sí, aunque las relaciones de corte entre ellos muestran pautas complejas que revelan cambios en el sentido de movimiento a lo largo de su historia.

De acuerdo con lo anterior, la evolución estructural de la zona de estudio se explica bien en un contexto compresivo regulado por desgarres sinestrales o, quizá, en un contexto transpresivo levógiro. El modelo que se propone, al menos para los últimos estadios de la deformación se recoge, de forma simplificada, en el esquema adjunto de la figura 3.3.4: Responde a un modelo sencillo de cizalla subvertical en régimen transpresivo (o de convergencia oblicua) sinestral que, con dirección E-O y dimensiones regionales afectaría en su totalidad al ámbito de la zona de estudio durante un amplio lapso de tiempo, de acuerdo con los sedimentos sintectónicos asociados. La dirección de máximo esfuerzo, NE-SO, es aproximadamente normal a la traza de los pliegues y cabalgamientos principales y coincide con la obtenida por algunos autores mediante el análisis de la fracturación (Van den Berghe 1983). Al ser una región con una fuerte heterogeneidad litológica sometida a una deformación rotacional, es difícil clasificar cada una de las estructuras existentes y atribuirles con precisión a un determinado sistema dentro del citado modelo, no obstante, los atributos de las fracturas y la posición de los pliegues y cabalgamientos muestran un alto grado de acuerdo con la interpretación global. Los sistemas de fracturación se han interpretado cinemáticamente en la figura 3.3.4, respecto a la dirección de la cizalla principal representada por la falla de Enriquillo, en los siguientes términos (Tchalencko 1968, Rutter *et al.*, 1986 ): sistema ENE-OSO, fallas de tipo R o Riedel sintéticas de primer orden; sistema NNO-SSE, fallas de tipo R' antitéticas de primer orden; sistema NNE-SSO, fallas de tipo X, antitéticas de segundo orden; sistemas ONO-ESE a E-O, fallas sintéticas de segundo orden subparalelas (D) o ligeramente oblicuas (P) a la dirección de cizalla principal y con

igual sentido de movimiento sinistral que ella; también se identifican fallas normales de NE-SO subparalelas a la dirección de máximo esfuerzo.

En cuanto a la edad de la deformación, ésta viene determinada en el ámbito de la zona de estudio y su entorno regional por los siguientes eventos:

- En la Cordillera Central, el depósito esencialmente caótico de la Fm Ocoa, a partir del Eoceno Superior alto, en un surco fuertemente subsidente, se relaciona con la implantación de un frente activo como es el levantamiento y aproximación del Arco de Islas Circum-Caribeño (Fm Tireo) hacia el SO. Comienza así la inversión de la cuenca trasera de arco de Trois Rivières-Peralta (Dolan *et al.* 1991; Heubeck y Mann, 1991; Hernaiz Huerta, 2000 b; Hernaiz Huerta y Pérez-Estaún, 2000 ).
- Al norte de la Cuenca de San Juan (por ejemplo, en la Hoja de Bánica, Senz y Soler 2004) existen discordancias progresivas relacionada con los pliegues del margen meridional de la Cordillera Central.
- En la zona específica de estudio no hay evidencias de deformación hasta, al menos el Mioceno Superior, coincidiendo con el depósito en esta zona de la Fm Trinchera. La deformación no obstante fue suave, en forma de pequeños umbrales, como demuestra el hecho de que las mismas facies turbidíticas que caracterizan esta formación en el centro de la cuenca, también se encuentren en algunos sinclinales interiores de la Sierra de Neiba.
- La deformación principal en la zona de estudio ocurre a partir del Plioceno Inferior-medio con el levantamiento continuado de las Sierras de Neiba, Batoruco y Martín García y su cabalgamiento sobre la Cuenca de Enriquillo. El análisis de la subsidencia de la cuenca mediante la descompactación de la columna de sedimentos registrada en el sondeo central de Charco Largo (Mann *et al.*, 1999) refleja el primer impulso tectónico, ya mencionado, correspondiente al depósito de la Fm Trinchera y a la parte baja de la Fm Angostura y, posteriormente, este impulso principal, que coincide con el depósito de las Fms. Arroyo Blanco-Las Salinas y Jimaní. Estas formaciones constituyen el relleno principal en el sector central de la cuenca, con un espesor total cercano a los 3.000 m. y en los márgenes de la cuenca, llevan asociadas tectofacies conglomeráticas que proceden directamente de la denudación

de las sierras limítrofes. Aunque es muy posible que estas tectofacies se desarrollaran todo a lo largo de sus respectivas secuencias, parece que se concentran principalmente a techo de las mismas (formación o facies Arroyo Seco a techo de la Fm Arroyo Blanco-Las Salinas, y conglomerados rojos de la unidad superior de la Fm Jimaní). Los conglomerados rojos de la unidad superior de la Fm Jimaní parecen enrasar, en la parte alta de la Sierra de Bahoruco, con una primera superficie de erosión a la que estarían ligados fenómenos de alteración y carstificación a gran escala

La deformación y el levantamiento continúan durante todo el Holoceno, hasta la actualidad, como pone de manifiesto la superposición y el encajamiento de varios sistemas de abanicos aluviales al pie de las sierras, en general progradantes hacia el centro de la cuenca. En la Hoja de La Descubierta la cartografía de estos abanicos en relación con el arrecife subactual (9760 a 2820 Ma; Taylor *et al.*, 1985) revela que los más antiguos son anteriores o coetáneos con éste y que los más modernos fosilizan incluso sus niveles más recientes.

## **4. GEOMORFOLOGÍA**

### **4.1. 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 Jimaní (5871), atendiendo a su geometría, tamaño y génesis; el depósito que acompaña a algunas de estas formas (formaciones superficiales) se trata 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.

#### **4.1.1. Estudio morfoestructural**

El relieve de la zona está condicionado en gran medida por la estructura y naturaleza litológica de los materiales que la conforman, descritas en apartados anteriores. En la sierra de Neiba, las fallas producen frecuentes escalonamientos que facilitan el encajamiento de numerosos segmentos de la red de drenaje; igualmente, su naturaleza eminentemente carbonatada ha provocado una notable influencia kárstica en el modelado de extensas áreas; igualmente, su naturaleza eminentemente carbonatada ha provocado una notable influencia kárstica en el modelado de extensas áreas. Por lo que respecta a la depresión, abundan los relieves estructurales, que se manifiestan como superficies horizontales en el caso de los restos del antiguo arrecife holoceno, o como capas y superficies plegadas en el caso del conjunto pliocuaternario. Mención aparte merece las manifestaciones lacustres que alcanzan su máxima expresión en los márgenes del Lago Enriquillo.

La geometría de la red fluvial muestra una clara influencia de los dominios morfoestructurales que intervienen en la Hoja, la sierra de Neiba y la depresión de Enriquillo.

Excepción hecha de los cursos localizados al norte de la divisoria hidrográfica de la sierra de Neiba, pertenecientes a la amplia cuenca del río Artibonito, la zona se configura como una extensa cuenca endorreica en la que el lago Enriquillo es el principal receptor de los drenajes superficiales. Se aprecia, por tanto, una geometría general concéntrica con respecto al lago, complementada por la existencia de otros centros endorreicos menores.

La red de drenaje se adapta a la directriz estructural de las zonas montañosas tan sólo en algunos segmentos, pues su discurrir tiene lugar principalmente de forma transversal a ella, principalmente a favor de la fracturación secundaria. En el ámbito de la llanura son frecuentes las pérdidas de drenaje, no sólo por la alta evaporación, sino también por la elevada permeabilidad de diversos depósitos que constituyen el manto superficial de aquélla.

#### 4.1.1.1. Formas estructurales

Se encuentran diseminadas por todo el ámbito de la Hoja, condicionando en buena medida la morfoestructura tanto de las sierras como de la depresión. En el primer caso, predominan las formas relacionadas con estructuras tectónicas, en tanto que en el segundo las formas están relacionadas principalmente con la litología de la seriee aflorantes.

La densa red de fracturación tiene una clara expresión morfológica, especialmente en relación con las elevaciones montañosas, siendo su principal manifestación su límite con la planicie, sin olvidar su influencia en la distribución de las depresiones internas de Guayabal y El Maniel en la sierra de Neiba. También se refleja claramente por el encajamiento y el carácter lineal de la red fluvial en algunos de sus tramos, como en el caso del río Barreras y buena parte del resto de los arroyos, y por la orientación de las depresiones kársticas.

Las *fallas con expresión morfológica* se agrupan en torno a varias familias principales: NO-SE, NNE-SSO y E-O, principalmente. Se distribuyen por toda la sierra de Neiba, condicionando su estructura interna por distorsión de la estructura general de plegamiento; en cualquier caso, sus exponentes más destacados son las alineaciones meridionales que constituyen el límite entre las sierras y la depresión. Mención especial merece la falla de Enriquillo, que con dirección E-O se ciñe al borde septentrional, pasa al norte de la isla Cabritos y se ajusta al borde meridional de la sierra de Neiba.

Las fallas poseen una tipología variada, observándose *fallas normales* (en ocasiones *con indicación del labio hundido*), *inversas* y *en dirección*, de longitud decakilométrica en algunos casos. Con frecuencia, algún rasgo morfológico parece estar condicionado por una falla sin que se tenga la total certeza de su existencia, o bien quedan ocultas bajo los depósitos cuaternarios sin afectarlos; en estos casos se han representado como *fallas supuestas*.

Pese a la elevada velocidad con que la meteorización elimina o enmascara algunas formas en todo el ámbito insular, son abundantes los rasgos que se interpretan asociados a la acción de fallas, denunciando su actividad reciente, entre ellos los *escarpes de falla degradados*.

En algunas áreas, especialmente al norte y este de Los Ríos también adquieren notable desarrollo las morfologías relacionadas con la distinta resistencia a la meteorización ofrecida por los materiales aflorantes, entre ellas los resaltes de *líneas de capa monoclinales* acompañadas de *escarpes* de las Fms. Jimaní y Arroyo Blanco. También en capas plegadas se observan *relieves conformes anticlinales* y *superficies estructurales*, en ocasiones degradadas, asociados a las Fms. Sombrero y Jimaní; aparecen con *buzamientos* moderados o dispuestas horizontalmente. Mención aparte entre éstas merece la superficie estructural asociada con los restos del arrecife cuaternario que rodea al lago Enriquillo, como indicadora del nivel marino previo a la formación del lago. Completan el catálogo de formas estructurales los *chevrons*, configurados por sucesiones de resaltes de capas monoclinales de la loma del Derrico.

#### 4.1.2. Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como las sierras de Neiba y la hoya de Enriquillo, tiene como resultado una expresión sensiblemente diferente. Así, el modelado de las sierras es el producto de una larga evolución presidida por los procesos sedimentarios y tectónicos acaecidos a lo largo del Terciario principalmente, generadores de un relieve positivo sobre el que han actuado, con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o modelado de dichos relieves, destacando los de carácter fluvial, gravitacional y kárstico.

En el caso de la hoya de Enriquillo, puede considerarse que la creación de su fisonomía básica se inicia con la deformación de la serie plio-pleistocena constituyente del relleno de la

cuenca del mismo nombre. Con posterioridad, el desarrollo arrecifal holoceno creó la superficie a partir de la cual arrancó el encajamiento lacustre actual.

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

#### 4.1.2.1. Formas gravitacionales

Localmente adquieren notable desarrollo en la sierra de Neiba, donde se encuentran favorecidas por los importantes desniveles existentes. Pese a ello, se trata de formas efímeras, ya que la propia dinámica de retroceso de las vertientes provoca su permanente evolución.

Las más extendidas son los *coluviones*, formados como respuesta al desequilibrio provocado en las laderas por la erosión fluvial; se distribuyen irregularmente, localizándose sus principales manifestaciones en las inmediaciones de Barrera. Pese a la frecuente formación de *deslizamientos* en la sierra de Neiba como consecuencia de las elevadas pendientes y precipitaciones, así como la ocurrencia de eventos sísmicos, son escasos los ejemplares cartografiados observados en esta Hoja; este hecho es debido en buena medida a la elevada velocidad de meteorización y al rápido crecimiento de la vegetación, que hacen que sus cicatrices queden rápidamente enmascaradas, dificultando su reconocimiento.

#### 4.1.2.2. Formas fluviales

Son las más extensamente representadas, especialmente en los dominios montañosos, predominando las formas de carácter lineal sobre las superficiales, mucho más extensamente representadas en las Hojas vecinas de Neiba (5971) y Barahona (5970). Incluso los cursos fluviales más destacados, además de su correspondiente fondo de valle o de cañada torrencial, tan sólo van acompañados por una pobre representación de terrazas. Las formas más relevantes son los conos de deyección y abanicos aluviales dispuestos al pie de las zonas montañosas, adquiriendo cierto desarrollo local los depósitos de arroyada.

Los *fondos de valle* y los *fondos de cañada torrencial* son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual, que se han diferenciado en base a su

funcionamiento y tipo de depósito. Predominan con mucho las cañadas de dinámica torrencial y se han representado como fondos de valle los de régimen permanente (ríos Barrera y Guayabal). En general, se trata de formas estrechas y alargadas coincidentes con el canal de estiaje, observándose anchuras superiores a 200 m únicamente en las proximidades de la depresión.

Los *conos de deyección* y los *abanicos aluviales* tienen una notable representación al pie de la sierra de Naiba, entre los que se han reconocido dos sistemas principales, simplificados de la cartografía geológica. Se forman en la confluencia de los elementos de la red fluvial con áreas menos encajadas, en los cuales la carga transportada pierde su confinamiento, y se expande; cuando los ápices se encuentran próximos entre sí, se producen formas coalescentes. En algunos casos alcanzan longitudes superiores a 3 km con respecto al ápice, destacando por sus dimensiones el de Los Ríos y el localizado al SO de La Descubierta.

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

Localmente se han cartografiado *mantos de arroyada* extendidos hacia la depresión o desarrollados en el interior de las sierra; se manifiestan como mantos de reducido espesor y mínima jerarquización, con una longitud cercana a 1 km.

Las *terrazas* constituyen el depósito fluvial de menor representación. Tan sólo se ha reconocido un pequeño número de afloramientos, la mayoría de ellos relacionados con los ríos Guayabal y Barreras. Aparecen como reducidas superficies distribuidas a modo de retazos colgados entre 5 y 10 m sobre el cauce actual.

Entre las formas erosivas predomina la *incisión lineal*, especialmente marcada en las zonas más abruptas y ampliamente distribuida por las zonas montañosas, donde su intensidad ha dado lugar a: *barrancos*, *cañones*, *desfiladeros* y *cambios bruscos de pendiente*; *aristas*, a modo de *divisorias*, que poseen una notable representación; la *divisoria montañosa* de primer orden que separa el valle de San Juan de la hoya de Enriquillo, si bien en su génesis

han intervenido también otros agentes morfogenéticos; *pérdidas de drenaje* por procesos de infiltración, que son casi una constante en los cursos que alcanzan la llanura; *escarpes*, aunque escasean los de origen exclusivamente fluvial; y las *cárcavas* y *áreas acarcavadas*, cuyas principales manifestaciones se encuentran asociadas con afloramientos de la Fm Jimaní.

#### 4.1.2.3. Formas lacustres y endorreicas

Las formas lacustres son muy abundantes en el conjunto de la depresión pero en la Hoja de La Descubierta aparecen limitadas a los márgenes del Lago Enriquillo. Además, en el interior de la sierra se ha cartografiado un área endorreica al este de Guayabal relacionada con encharcamientos efímeros.

Una buena parte del borde del lago se encuentra constituido por una estrecha *playa*, cuya posición fluctúa junto con el nivel de aquél. También en torno al lago son frecuentes los *escarpes fósiles*, originados por el encajamiento lacustre, delimitando una buena parte de los afloramientos del conjunto arrecifal holoceno.

#### 4.1.2.4. Formas marinas-litorales

Se encuentran representadas exclusivamente por las *construcciones biogénicas* que orlan la práctica totalidad del lago Enriquillo adosadas a los relieves circundantes y a cotas máximas muy cercanas al nivel del mar actual, dando una idea aproximada de este nivel a comienzos del Holoceno. Son muy abundantes los puntos donde realizar observaciones de detalle de sus depósitos, tanto a lo largo de las carreteras que rodean el lago como en numerosos arroyos y cañadas de su ámbito.

#### 4.1.2.5. Formas por meteorización química

Se encuentran relacionadas principalmente con la intensa karstificación que afecta a los materiales carbonatados aflorantes en la sierra de Neiba, si bien también existen manifestaciones de argilizaciones, de mucha menor entidad, en relación con los afloramientos de rocas de naturaleza volcánica. Además de un extenso campo de lapiaces, la karstificación ha dado lugar a campos de dolinas y otras formas menores que “complican” el funcionamiento hidrogeológico de la zona.

La sierra de Neiba se puede catalogar como *área con intensa karstificación*, desarrollada sobre los afloramientos de la Fms. Neiba inferior, superior y brechoide y, en menor medida sobre la unidad de Cortadero de la Fm Sombrerito. En las grandes sierras calcáreas dichas áreas se manifiestan como un *campo de lapiacas*, con abundantes formas de disolución de pequeña escala entre las que se insertan formas de escala kilométrica. Localmente, las unidades calcáreas se encuentran fuertemente brechificadas, sin que pueda evaluarse la posible influencia de la karstificación en su génesis.

También son muy abundantes los cañones, aunque con frecuencia su formación parece responder en mayor medida a procesos fluviales que kársticos. Las *dolinas* se encuentran ampliamente distribuidas, apareciendo principalmente como formas redondeadas o elipsoidales cuyo eje mayor posee dimensiones de orden hectométrico y una dirección NO-SE o E-O, denunciando una clara influencia estructural; en las zonas elevadas de la sierra de Neiba se agrupan dando lugar a *campos de pequeñas dolinas*, como los de los parajes Bonete y loma Meregildo. Es frecuente la unión de varias de ellas para dar lugar a *uvalas* y en un estadio de mayor desarrollo, *poljés*, en este caso con posible participación tectónica.

Entre las formas kársticas de carácter puntual cabe señalar las cuevas, muy accesibles en el paraje de Las Caritas, los *valles ciegos*, como el del río Los Bolos, los *sumideros* y las *surgencias*; se encuentran distribuidos de forma aleatoria por el ámbito de la sierra de Neiba, si bien son especialmente abundantes en relación con los campos de dolinas señalados.

Las únicas formas generadas por procesos de meteorización química no relacionados con rocas carbonatadas corresponden a las *argilizaciones* de tonos rojizos desarrolladas en el Conjunto Volcanosedimentario.

#### 4.1.2.6. Formas poligénicas

Se incluyen en este grupo las formas cuya morfogénesis puede atribuirse a la acción simultánea o sucesiva de más de un proceso genético, de las que se han reconocido superficies de erosión degradadas, escarpes y picos principales. Una vez más, se concentran principalmente en la sierra de Neiba, donde la velocidad de los procesos erosivos hace que su conservación sea efímera.

Los *escarpes* presentan desniveles muy variables que pueden alcanzar 700 m en algunos puntos de la sierra de Neiba. Su génesis se debe a la acción combinada de procesos fluviales, tectónicos, kársticos y gravitacionales, en proporción variable según los casos. El estilo morfoestructural de la sierra de Neiba, con predominio de cumbres de formas suaves y subredondeadas, hace que escaseen los relieves que puedan considerarse *picos principales*; destaca el pico Neiba, junto al paraje de la Sabana del Silencio, que con 2.279 m constituye la mayor elevación de la Hoja.

#### **4.2. Evolución e historia geomorfológica**

Aunque evidentemente la morfología de la región está influenciada en última instancia por los procesos sedimentarios acaecidos a lo largo del Paleógeno, su fisonomía actual se ha perfilado fundamentalmente en dos etapas de su historia: la primera, durante el Mioceno, en el que la aproximación entre el dominio suroccidental de La Española y el resto de la isla estableció la distribución de cordilleras y depresiones visibles hoy día; y la segunda, ya en el Cuaternario, cuando el relleno pliocuaternario de las cuencas fue deformado de acuerdo con la geometría actual.

La superposición de ambas etapas estableció el diseño regional básico sobre el que ha actuado el modelado holoceno, diseño basado en la presencia de la hoya de Enriquillo entre las sierras de Neiba y Martín García, al norte, y la de Bahoruco, al sur. La evolución holocena ha estado condicionada principalmente por la actividad neotectónica, que ha producido una tendencia regional al levantamiento, y por los procesos fluviales, que no sólo han llevado a cabo una importante labor de incisión en las áreas montañosas, sino que con su faceta sedimentaria han provocado drásticos cambios en la fisonomía de la depresión, especialmente plasmada por la retirada marina hacia la actual bahía de Neiba y el subsiguiente desarrollo de los procesos lacustres en el sector occidental, en el que se encuadra la Hoja.

A comienzos del Holoceno, la depresión constituiría un entrante marino desde la bahía, cuya principal manifestación fue el desarrollo arrecifal adosado al pie de las sierras; el entrante estaría salpicado de isleos configurados por los relieves estructurales de los materiales pliocenos y cuaternarios.

Simultáneamente, la zona montañosa ya habría adquirido prácticamente su configuración actual, mediante la acción conjunta de la disolución kárstica, el encajamiento de la red fluvial, el desarrollo de superficies de erosión y la actividad neotectónica, manifestada especialmente por el desnivelamiento y el desplazamiento horizontal de bloques.

Bajo este dispositivo, tuvo lugar el acontecimiento fundamental de la evolución regional reciente, cuando, en sectores más orientales, el río Yaque del Sur, por razones aún no convenientemente aclaradas (actividad de la falla de Enriquillo, perturbaciones debidas a la indentación del ridge de Beata en el ámbito de la bahía de Ocoa o captura por un elemento fluvial de la cuenca de Enriquillo, entre las causas posibles), abandonó su curso bajo en el Llano de Ázua y, mediante un brusco giro en torno al cierre oriental de la sierra de Neiba, pasó a discurrir entre ésta y la sierras de Martín García (De la Fuente, 1976).

El principal resultado de la modificación del curso bajo del Yaque del Sur fue la irrupción de su sistema deltaico en torno a su desembocadura. La ingente cantidad de sedimentos asociados con el delta provocó la desconexión entre la bahía de Neiba y la cuenca de Enriquillo, que pasó a tener un desarrollo lacustre. El complejo arrecifal abandonado allí, se configuró como una superficie estructural a partir de la cual se produjo el encajamiento lacustre, quizá acelerado por razones climáticas y neotectónicas

Tras este episodio, la red de drenaje ya habría esbozado su geometría general, basada en cursos fuertemente encajados en el ámbito de las sierras, proceso facilitado en buena medida por la actividad kárstica y neotectónica. Ésta también habría dado lugar a estrechas cuencas endorreicas paralelas a la sierra de Bahoruco, destacando las de Angostura, en la vecina Hoja de Barahona, y El Limón.

La evolución reciente en el ámbito de la Hoja está condicionada principalmente por el progresivo encajamiento del lago Enriquillo. La incisión fluvial posterior en la depresión ha sido poco marcada como consecuencia de su pequeño desnivel con respecto al lago. La actividad de las áreas montañosas, liderada por el encajamiento de la red fluvial y la actividad neotectónica, favoreció que continuara el desarrollo de la extensa orla de abanicos aluviales y conos de deyección del los márgenes de las sierras. Simultáneamente, se ha producido una notable erosión remontante favorecida por la existencia de líneas de debilidad estructural y kárstica.

Como principales motores en la futura evolución de la red, se debe tener 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 al encajamiento del lago Enriquillo; 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.

## 5. HISTORIA GEOLÓGICA

La historia geológica de la Hoja da La Descubierta se contempla dentro de la evolución general del sector suroccidental de La Española, entendiendo como tal el territorio situado al SO de la falla de San Juan-Los Pozos, accidente considerado como límite meridional de la Cordillera Central. Dicha evolución posee una personalidad propia a lo largo del Cretácico y del Paleógeno, pero partir del Mioceno se ve influida por los acontecimientos ocurridos en la Cordillera Central.

Si bien en el ámbito de la Cordillera Central y de la Cordillera Oriental se han podido establecer, para cada una de ellas, historias geológicas relativamente coherentes para el Cretácico Inferior, lo acontecido en la región suroccidental a lo largo de dicho periodo entra de lleno en el terreno de la especulación por falta de registro. A partir del Cretácico Superior, la historia geológica de La Española es, a grandes rasgos, el resultado de la interacción entre las placas Norteamericana y Caribeña; aunque el límite entre ambas ha sufrido modificaciones en su régimen debido a los cambios de orientación de sus desplazamientos relativos, se ha llevado a cabo bajo un contexto general de convergencia oblicua articulada por desgarres.

La evolución paleogeográfica de la región permite diferenciar cuatro etapas principales:

- Cretácico Superior, caracterizado por el desarrollo de un *plateau* o meseta oceánica.
- Paleógeno-Mioceno, definido por la sedimentación carbonatada en una amplia cuenca marina.
- Mioceno Superior-Pleistoceno, caracterizado por una restricción del área sedimentaria, reducida al ámbito de las cuencas actuales y llevada a cabo bajo una progresiva tendencia somerizante.
- Holoceno, durante el cual la intensa actividad de la región ha desencadenado una importante modificación de la estructura en la red hidrográfica regional, sí como en la geometría del litoral, hasta alcanzar la fisonomía observable hoy día.

En la figura 5.1.1 se sintetizan los aspectos más destacados de la historia geológica de la región cuya descripción más detallada sigue a continuación.

### 5.1. El *plateau* oceánico del Cretácico superior

Mientras que en el frente septentrional del arco de islas dominaba un régimen subductivo que en la Cordillera Oriental produjo el depósito de potentes series volcanosedimentarias de antearco, y en los terrenos que ahora corresponden a la zona axial de la Cordillera Central se depositaba, relacionada o no con el proceso anterior, la Fm Tireo, los registros más antiguos de las sierras de Hotte-Selle- Bajoruco (Fm Dumisseau y equivalentes), sugieren que en el Cretácico Superior la región formaba parte de la Meseta Oceánica Caribeña (Pindell y Barret, 1990). En la sierra de Neiba, la unidad de El Manguito, cartografiada en la vecina Hoja de Galván, esta integrada por calizas y lutitas pizarrosas de ambientes marinos abiertos en los que por primera vez en esta sierra se ha datado el Cretácico Superior; la unidad intercala o asocia basaltos con composición toleítica y una inequívoca signatura N-Morb que permite clasificarlos como basaltos toleíticos de fondo oceánico, muy posiblemente correlacionables con los de la citada meseta oceánica. Todo ello apunta a que éste se prolongaba hacia el norte como sustrato, al menos, de la sierra de Neiba y quizá también del resto del sector suroccidental de la isla. Por otra parte, la cartografía de la Cordillera Central realizada en el Proyecto K de Cartografía Geotemática simultáneamente a este proyecto, ha encontrado, a techo de la sucesión volcánica del Cretácico Superior (Fm Tireo), una serie basáltica cuya signatura geoquímica (OIB-basaltos alcalinos intraplaca) invita a correlacionarla igualmente con la meseta oceánica (Escuder Viruete 2004. Si estos datos se confirman, la extensión original del mismo sería mucho mayor, y llegaría a cubrir incluso buena parte de los terrenos que ahora ocupan el sector central de la isla (Cordillera Central).

El cese de la actividad magmática relacionada con con el *plateau* o meseta oceánica del Caribe se produciría en un momento impreciso del Maatrichtiano debido su la colisión con el borde meridional de Centroamérica (Pindell y Barret, 1990), con el consiguiente cambio en el régimen geodinámico. Dentro de la incertidumbre de los acontecimientos acaecidos en la región durante el tránsito Cretácico-Terciario, un factor exterior a la cuenca, probablemente el impacto de un cuerpo extraterrestre en la región de Yucatán (Álvarez, 1999), produjo la extinción de numerosas especies coincidiendo con el denominado límite K/T.

Fig. 5.1.1

Cuadro de Historia Geológica

## 5.2. La cuenca paleógena

La ausencia de depósitos paleocenos impide precisar la secuencia de acontecimientos seguida entre el cese de la actividad magmática de la meseta oceánica y el comienzo de la sedimentación paleógena. Ésta se produjo en una extensa cuenca carbonatada y subsidente dentro de un contexto geodinámico impreciso, quizá transtensivo y relacionado con la apertura de la fosa de Caimán. Sus variaciones a lo largo del tiempo estarían provocadas por los cambios batimétricos e interrumpidas por importantes emisiones volcánicas de afinidad alcalina.

La sedimentación paleógena comenzó probablemente en el Eoceno, mediante el depósito de la Fm Neiba (sensu lato) y sus equivalentes, en todo el ámbito de la región (Fm Plaisance en la sierra de Bahoruco y Fms. Neiba inferior y Neiba brechoide en la sierra de Neiba). A mediados del Eoceno, la estabilidad de la cuenca se vio perturbada por la irrupción de un vulcanismo de signatura toleítica a alcalina (OIT a OIA) que se interpreta producido en un contexto de intraplaca asociado al desarrollo de una pluma mantélica. Tras este periodo de inestabilidad, la región quedó configurada como una extensa y uniforme cuenca subsidente de afinidad pelágica en la que se depositó la Fm Neiba superior.

La relativa homogeneidad de las facies de la Fm Neiba cartografiadas en las sierras de Bahoruco, Neiba y Martín García parece indicar que durante el Paleógeno formaban parte de una misma cuenca y que los importantes accidentes estructurales que afectan hoy en día al dominio suroccidental de La Española han sido generados posteriormente o que, al menos, permanecieron inactivos durante el Paleógeno.

Esta notable uniformidad se truncó a comienzos del Mioceno, como pone de manifiesto la mayor disparidad de facies de la Fm Sombrerito, que además intercala nuevas emisiones volcánicas a distintos niveles dentro de su serie: en el sector oriental, las potentes acumulaciones de la típica Fm Sombrerito (margas y calcarenitas) se depositarían en una llanura submarina que recibiría aportes de naturaleza turbidítica, denunciando síntomas de la inestabilidad del borde activo constituido al NE por la Cordillera Central; sin embargo, en los sectores occidental y meridional, la sedimentación miocena se llevó a cabo en

condiciones carbonatadas más someras y alejadas de la inestabilidad, dando lugar al depósito del Mb. Barahona (de la Fm Sombrerito). Los signos de actividad en el borde se acentuaron a finales de dicho periodo, como sugieren los aportes terrígenos intercalados en el depósito del Mb. Gajo Largo, precursores de la llegada masiva posterior.

### **5.3. Las cuencas neógenas**

La abundancia de datos relativos a los materiales neógenos y cuaternarios permite mayores precisiones paleogeográficas que en el caso de las etapas anteriores, si bien aún permanecen algunas incertidumbres, como la correlación de la Fm Lemba o las unidades de Cortadero y Majagual (definidas en esta Hoja), la relación de la Fm Angostura con las Fms. Trinchera, Quita Coraza y Arroyo Blanco, la de ésta con la Fm Arroyo Seco y la génesis de los eventos volcánicos cuaternarios. La extensa y uniforme cuenca marina paleógena se quebró a finales del Mioceno debido a la convergencia entre el dominio suroccidental de La Española y el constituido por el resto de la isla, produciendo la mayor transformación paleogeográfica de la historia cenozoica de la región, con la creación de las cuencas y cordilleras observables hoy en día.

A partir de este momento, el flanco suroccidental de la Cordillera Central actuó como frente activo, mediante el avance de un cinturón de pliegues y cabalgamientos (Cinturón de Peralta; Dolan 1989) hacia las cuencas de San Juan y Ázua, que se configuraron como sus cuencas de antepaís; el avance del frente no sólo provocó el levantamiento de la cordillera, sino también la restricción y somerización de las áreas de sedimentación, además de una diacronía en el registro sedimentario de los diversos sectores de la cuenca. Con incidencia desigual según las áreas, a este esquema evolutivo general se sumaron otros dos acontecimientos de envergadura geodinámica: el funcionamiento de los desgarres de dirección E-O generados como consecuencia de la propia convergencia oblicua entre las placas Norteamericana y Caribeña y la aproximación del ridge de Beata desde el suroeste, cuyos efectos se focalizaron especialmente en el extremo oriental de la región.

El ascenso y avance de la Cordillera Central provocó la irrupción en la cuenca de ingentes cantidades de materiales terrígenos mediante dispositivos turbidíticos y deltaicos correspondientes a la Fm Trinchera que, a pesar del obstáculo que opondrían ya las incipientes sierras de Neiba y Martín García, penetraron hasta la misma cuenca de Enriquillo canalizadas por la vía existente entre ambas.

Las potentes acumulaciones de la Fm Trinchera tendieron a nivelar las áreas sedimentarias, en las que se generalizarían los ambientes someros, de tal forma que a comienzos del Plioceno la cuenca ya corresponde a una plataforma poco profunda salpicada por algunos relieves emergidos. Con el ámbito de las cuencas de Ázua y San Juan configurando una amplia bahía, se produciría el depósito de la Fm Quita Coraza coincidiendo con un periodo de cierta estabilidad, confirmada por el desarrollo inmediatamente posterior de complejos arrecifales. Simultáneamente, en el sector de la cuenca de Enriquillo se darían las condiciones climáticas y geográficas necesarias para el depósito evaporítico de la Fm Angostura.

La tendencia somerizante prosiguió a lo largo del Plioceno, con las cuencas dispuestas bajo un contexto litoral, en tanto que los sistemas montañosos alcanzaron prácticamente su configuración actual. La inestabilidad regional dio lugar a nuevos aportes procedentes de la Cordillera Central, característicos de la Fm Arroyo Blanco, en la que alternaban con importantes volúmenes de aportes locales; los sistemas deltaicos iniciales serían sustituidos paulatinamente por la progradación hacia el Sur de sistemas aluviales, generalizados a finales del Plioceno en las cuencas de San Juan y Ázua con motivo del depósito de la Fm Arroyo Seco y que pueden considerarse los antecesores directos de los sistemas aluviales que orlan actualmente las áreas montañosas.

Simultáneamente, la cuenca de Enriquillo seguiría sometida a condiciones marinas, configurándose como un estrecho que uniría las bahías de Neiba y Puerto Príncipe, flanqueado por las sierras de Neiba y Bahoruco. El depósito de la Fm Jimaní durante el intervalo Plioceno-Pleistoceno se caracterizó por la alternancia entre niveles carbonatados de afinidad marino-litoral y niveles conglomeráticos de afinidad aluvial, indicando que los diversos intentos de estabilización de la cuenca a lo largo de este periodo, puestos de manifiesto por el desarrollo de ambientes arrecifales y lagunares, eran sucesivamente abortados por la actividad de sus márgenes; en buena parte, esta actividad la controlaban sistemas de desgarres entre los que destaca la Zona de Falla de Enriquillo.

La deformación ha perdurado hasta el Cuaternario, como denuncian tanto el acusado plegamiento de la Fm Jimaní en la cuenca de Enriquillo, como el cabalgamiento del Cinturón de Peralta sobre la Fm Arroyo Seco en la cuenca de Azua. Pero otros factores han dado lugar a fenómenos de gran relevancia igualmente. Por una parte, el avance de la cresta de Beata hacia la bahía de Ocoa, produjo el arqueamiento y la posterior ruptura de las

estructuras del ámbito de la bahía, especialmente en el caso del extremo oriental de la sierra de Martín García, actualmente dispuesto en fragmentos en torno al litoral de la Llanura de Azua (Díaz de Neira, 2000). Por otra, también desde finales del Plioceno y tal vez en relación con el avance de la cresta, dio comienzo uno de los fenómenos más característicos y complejos de la historia reciente, con el desarrollo de un intenso volcanismo de afinidad geoquímica heterogénea en el ámbito de la Cordillera Central y la cuenca de San Juan. Inicialmente ambos dominios registraron la emisión de productos calcoalcalinos, cuyas manifestaciones más tardías coexistieron con las emisiones alcalinas de la cuenca de San Juan, de menor duración.

La distribución espacial y temporal del episodio calcoalcalino sugiere algún tipo de relación con el avance con la cresta, aunque no como proceso generador de los magmas; por el contrario, el episodio alcalino invoca una relación con el sistema de desgarres E-O. La explicación de estos procesos magmáticos dista mucho de estar resuelta, si bien un proceso de subducción incipiente de la litosfera oceánica de la meseta caribeña bajo el Gran Arco de Islas del Caribe a finales del Plioceno explicaría el magmatismo calcoalcalino y su migración hacia el Noreste, en tanto que un cambio en el régimen geodinámico durante el Cuaternario habría favorecido la extrusión de magmas alcalinos, de origen más profundo, a favor de los desgarres E-O.

#### **5.4. La evolución holocena**

La evolución holocena ha estado presidida por la acción de procesos externos de notable envergadura, sin que ello implique el cese en la actividad de aquéllos.

A comienzos del Holoceno las cuencas de Enriquillo y San Juan se desarrollarían bajo condiciones sensiblemente diferentes. La primera persistiría como un estrecho marino colonizado por bioconstrucciones (arrecife subactual periférico al lago de Enriquillo), en tanto que la segunda se desarrollaría en un contexto continental presidido por la actividad fluvial del río Yaque del Sur, que recogiendo todos los drenajes de su amplia cuenca, desembocaría en la bahía de Ocoa. Simultáneamente, el levantamiento continuado de las sierras de Neiba, Bahoruco y Martín García produjo una activa incisión de la red fluvial, y el desnivelamiento de superficies de erosión y, en las áreas asociadas a las litologías más favorables, una intensa actividad kárstica.

El acontecimiento decisivo en la evolución de la región sobrevino con la llegada del Yaque del Sur a la cuenca de Enriquillo, con el consiguiente abandono de la bahía de Ocoa. Aunque las causas de este hecho no han sido convenientemente aclaradas, probablemente el proceso desencadenante de la captura haya sido favorecido por la acción de la falla de Enriquillo o por las modificaciones producidas en el entorno de la bahía debido al avance del ridge de Beata. Si bien en el caso del valle de San Juan no se han producido modificaciones aguas arriba de la captura y la evolución ha seguido presidida por la dinámica del Yaque del Sur, los cambios acaecidos en la cuenca de Enriquillo han sido notables.

La irrupción del río en el sector oriental del estrecho dio lugar a su invasión por un amplio delta que a partir de ese momento ha impedido la conexión entre el sector occidental y la actual bahía de Neiba. Privada de su conexión con el mar Caribe, la depresión occidental se convirtió en el lago Enriquillo, que posteriormente ha sufrido una tendencia al encajamiento, fundamentalmente por razones climáticas y quizá también neotectónicas. En el sector oriental, el delta alcanzó el borde septentrional de la sierra de Bahoruco, pero la interposición de una serie de relieves menores ha dejado fuera de su influencia una pequeña depresión, a modo de "zona de sombra", que ha permitido la instalación de la laguna de El Rincón.

Actualmente, la región está sometida a una dinámica muy variada, destacando la acción fluvial, especialmente en relación con el río Yaque del Sur, lacustre y endorreica, principalmente en la hoya de Enriquillo, kárstica, ligada a los materiales carbonatados de las sierras, y litoral, en el ámbito de la bahía de Neiba.

## **6.GEOLOGÍA ECONÓMICA**

### **6.1. Hidrogeología**

#### 6.1.1. Climatología e hidrología

En el conjunto del valle de Enriquillo, el clima se puede considerar árido, con una evapotranspiración potencial de referencia (ETPo- promedio de 1770 mm) mayor que la precipitación en todos los meses del año: Esta tendencia, sin embargo, se invierte en las zonas altas más húmedas de la sierra de Neiba. Los valores promedio de lluvia anual oscilan entre los mínimos de 446 mm en el seno del valle (p.e Tamayo) y los máximos de 1527 mm en los relieves de la citada sierra (p.e. Los Bolos); la precipitación promedio sobre el lago Enriquillo está en torno a los 600 mm/a. En general, el régimen de lluvias es de tipo bimodal con una época lluviosa en la primavera (meses de mayo y junio) y en verano-otoño (desde agosto hasta noviembre) y con sequía en el invierno y en julio. La temperatura media anual en el valle fluctúa entre 22 y 29°C (algunos grados menos en los relieves), con una variación intra-anual entre 3 y 4 °C; el período más caluroso corresponde a los meses de julio y agosto y el más fresco, a los meses de enero y febrero.

Desde el punto de vista hidrológico, la zona de proyecto se divide en dos sectores muy diferentes: cuenca baja del río Yaque del Sur, al este, y cuenca cerrada del lago Enriquillo, al oeste; ambos sectores están separados por el alto estructural de la laguna de Rincón, de dirección OSO-ENE. El elemento distintivo del sector occidental, dentro del cual se encuadra la Hoja de La Descubierta, es el lago Enriquillo que constituye su base de drenaje superficial y subterráneo. En este sector, la red hidrográfica está integrada por una gran cantidad de cursos superficiales (ríos, arroyos y cañadas) de carácter estacional, que pueden llegar a ser muy caudalosos y con rápidas y violentas crecidas en la época de lluvias. Son cursos de corto recorrido que nacen en las sierras periféricas donde se orientan, en cabecera y tramos medios, a favor de las directrices estructurales y acaban desembocando rápidamente en lago Enriquillo con dirección subperpendicular a éstas. En la Hoja de La Descubierta pertenecen a este grupo, como más destacados, los ríos Barreras y Guayabal.

En el valle de Enriquillo se desarrolla una intensa actividad agrícola que, en la Hoja de La Descubierta, se concentra especialmente en la orla de conos aluviales que se extienden al

pie de la sierra de Neiba. Aquí el aprovechamiento hidráulico es mixto, mediante canales y pozos de agua.

### 6.1.2. Hidrogeología

En el cuadro adjunto (Fig. 6.1.1) se resumen las unidades o agrupaciones hidrogeológicas consideradas en la Hoja de La Descubierta, según se han definido en el esquema hidrogeológico a escala 1:200.000 que acompaña al Mapa Geológico. De forma complementaria, se incluye el esquema hidrogeológico simplificado del valle de Enriquillo (o valle de Neiba) realizado por ACUATER (2000) para el Estudio Hidrogeológico Nacional a partir de las cartografías geológicas preexistentes (Fig. 6.1.2)

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

Las unidades y agrupaciones consideradas se ajustan a las tipologías hidrogeológicas definidas en el citado estudio para el conjunto de la región (ACUATER, 2000):

- *Formaciones porosas, sede de acuíferos de permeabilidad alta y muy productivos:* depósitos aluviales; depósitos gruesos de abanicos y conos aluviales; depósitos calcáreos arrecifales.
- *Formaciones porosas, sede de acuíferos de permeabilidad variable y productividad media (localmente alta) en condiciones freáticas o confinadas:* resto de depósitos cuaternarios del valle, en su mayoría lacustres; localmente, Fm Arroyo Seco y parte conglomerática de la Fm Jimaní
- *Formaciones porosas, sede de acuíferos locales y discontinuos, de permeabilidad moderada o baja, poco productivos:* formaciones terrígenas del relleno neógeno de la cuenca (p.e. parte de Arroyo. Blanco); depósitos cuaternarios discontinuos o elevados con condiciones de recarga desfavorables.
- *Formaciones fisuradas, sede de acuíferos extensos y productivos, de permeabilidad normalmente alta:* calizas fracturadas y carstificadas de la Fm Neiba (s.l.), parte calcárea de la Fm Jimaní.

- *Formaciones fisuradas, sede de acuíferos locales y discontinuos, de permeabilidad medio-baja:* formaciones calcáreas con intercalaciones margosas y margocalcáreas (p.e. unidad de Cortadero o Mb. Loma de La Patilla de la Fm Sombrerito)
- *Formaciones de baja permeabilidad y sin acuíferos significativos:* formaciones predominantemente pelíticas o volcánicas (Conjunto Vocanosedimentario, Fm Sombrerito indiferenciada; Mb Gajo Largo).

Según las mediciones de ACUATER (2000), la transmisividades más altas se dan en los acuíferos que albergan los conos y abanicos aluviales (entre  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s y  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s); en cuanto a las variaciones piezométricas observadas, son muy diversas, aunque no superan los 4 m.

En términos generales, las principales fuentes de alimentación de los acuíferos están representadas por una combinación variable de: a) recarga pluvial directa; b) recarga por flujo de retorno de aguas de riego (exceso de riego) e infiltración en canales; c) recarga lateral de los relieves marginales; y d) alimentación directa a partir de los ríos. Los aportes laterales desde la sierra de Neiba son importantes; la fracturación y la amplia carstificación de las calizas de la Fm Neiba (s.l.) determinan condiciones muy favorables tanto para la infiltración superficial como para el tránsito de las aguas subterráneas. En este sentido, la investigación isotópica de ACUATER (2000) ha puesto en evidencia áreas de recarga a cotas diferentes, comprendidas entre 0 y 1200 m. Las circulaciones de agua también involucran a circuitos profundos, y su ascenso se produce a favor de las fallas y cabalgamientos que limitan los márgenes del valle.

Estas fallas y cabalgamientos condicionan también la aparición de un buen número de manantiales, sobre todo en el contacto entre los depósitos de abanicos y conos aluviales, (que a veces están conectados con el arrecife subactual), y las formaciones de graulometría más fina del fondo del valle. Son manantiales con caudales generalmente elevados (> 40 l/s), que pueden ser aún más altos (hasta 300 l/s) en las proximidades de La Descubierta y Boca Cachón. Algunos de estos manantiales presentan una discreta mineralización indicativa de una alimentación a partir de aguas de circulación profunda que, aunque según ACUATER (2000) estas mineralizaciones suelen estar diluidas con aguas de circuitos superficiales, ricas de calcio y bicarbonatos.

Fig. 6.1.1

Cuadro Unidades Hidrogeológicas

Fig. 6.1.2

Esquema hidrogeológico Zona Enriquillo

Fig. 6.1.3

Modelo Hidrogeológico Zona Enriquillo

En siete de estos manantiales las aguas se pueden calificar de minero-medicinales y sus propiedades químicas les confieren cierto interés para uso terapéutico; además, los caudales son suficientes como para considerar su posible aprovechamiento comercial en establecimientos termales de discretas dimensiones. Por lo demás, la potabilidad de las aguas subterráneas, es buena, aunque hay que excluir el entorno del lago Enriquillo; donde se registran contenidos inaceptables en cloruros.

El modelo hidrogeológico que se contempla para esta zona de enlace entre el valle de Enriquillo y la sierra de Neiba se sintetiza en la figura 6.1.3 tomada de ACUATER (2000): acuíferos fluviales y lacustres en la planicie central, y acuíferos altamente permeables en los abanicos aluviales y conos de deyección, que trasvasan las aguas subterráneas hacia los depósitos del valle. En estos últimos los gradientes hidráulicos son fuertes (del orden de 40 por mil), con líneas de flujo que se extienden desde el N hacia el S.

## **6.2. Recursos minerales**

Sin duda, el mayor interés económico despertado por la región es el relacionado con la exploración de hidrocarburos, si bien los numerosos trabajos llevados a cabo en ella desde comienzos del siglo pasado no afectan estrictamente al territorio comprendido en la presente Hoja. Por otra parte, se desconoce la existencia de cualquier signo de interés relacionado con la exploración de minerales metálicos y no metálicos, reduciéndose la única evidencia de actividad minera a la explotación de una serie de canteras, en general de pequeña envergadura y en su mayor parte abandonadas en la actualidad. Además se han reconocido 6 indicios o canteras correspondientes al sector de las rocas industriales.

### **6.2.1. Sustancias energéticas**

Como se ha señalado anteriormente, dentro de los límites estrictos de la Hoja no se han realizado trabajos de exploración o explotación, pero el interés que ha habido (y que todavía hay) en la búsqueda de hidrocarburos en la región suroccidental de la República Dominicana merece algunos comentarios sobre su evolución histórica, así como sobre su potencialidad.

#### 6.2.1.1. Aspectos generales e historia de la exploración petrolífera

Una interesante puesta al día sobre estos aspectos es la elaborada por Mann y Lawrence (1991), de la que a continuación se resumen los rasgos más relevantes relativos al Llano de Azua y la cuenca de Enriquillo que en cuanto exploraciones petrolíferas se refiere, generalmente se han abordado de forma conjunta, también a veces con la cuenca de San Juan. En el cuadro 6.2.1 se resumen por orden cronológico las campañas petrolíferas efectuadas en todo el territorio dominicano. Diversas razones, principalmente la compleja evolución tectónica de la región y la poca favorabilidad para el desarrollo de rocas madre en ámbitos de arco insular, han provocado una tradicional desconfianza sobre la potencialidad petrolífera del sector septentrional del Caribe. No obstante, la aparición de hidrocarburos tanto en Cuba como, puntualmente, en la misma isla de La Española, ha sugerido su potencialidad desde los primeros compases del presente siglo.

Las primeras perforaciones de la región de Azua tuvieron lugar en 1905 en los campos Maleno e Higuerito, algunos kilómetros al oeste de dicha capital, donde se obtuvo petróleo de buena calidad y gas; no obstante, la producción no alcanzó un nivel relevante hasta 1927, en el campo de Higuerito, por parte de la Texas Company.

Los trabajos fueron interrumpidos entre los años 1928 y 1939 en que la Seaboard Oil Company adquirió una amplia concesión. Sus primeros sondeos, Maleno-1 y Maleno-1A encontraron petróleo en las areniscas de la Fm Arroyo Blanco; además, se señalaron diversos anticlinales fuera de los campos Maleno e Higuerito y se desarrollaron campañas geofísicas entre 1944 y 1946 (gravedad, sísmica), así como cuatro nuevas perforaciones, Quita Coraza-1, Mella-1, El Mogote-1 y Las Hormigas-1, las dos primeras de ellas ya en el ámbito de la actual zona de proyecto. En el sondeo las Hormigas-1 se reportaron muestras de petróleo y gas, y en Mella-1, gas por debajo de los 8.000 pies, pero sin valor comercial.

Las exploraciones sufrieron un nuevo abandono hasta que en 1956 la Compañía Petrolera Dominicana adquirió concesiones que cubrieron la mayor parte del país; su filial, la Compañía Petrolera Azuana inició sus trabajos con dos nuevas perforaciones en 1958 (Kilómetro 19-1 y Arroyo Blanco-1). En 1960 se efectuaron dos nuevos sondeos (Kilómetro 19-2 y Maleno DT-1), y se volvió la vista nuevamente al sector de Maleno, cuya producción resultó, no obstante, insignificante. A finales de ese mismo año se perforó Palo Alto-1 al norte de Barahona para explorar una anomalía gravimétrica cuya estructura se había

perfilados con sísmica, pero el pozo resultó seco. En años subsiguientes la misma Compañía Petrolera Dominicana continuó desarrollando campañas sísmicas e investigaciones de campo en la cuenca de Enriquillo que resultaron en las prospecciones y respectivos sondeos Mella-2 y Cabritos-1. En este último se encontraron trazas de material asfáltico pero nada de petróleo ni gas, aunque se observaron indicios de éstos en superficie.

Cuadro 6.2.1. Resumen de la exploración petrolífera en la república dominicana

COMPAÑÍA	FECHA	AREA	SONDEOS
TEXAS COMPANY	1905-29	Llano de Azua	Maleno Higuerito
SEABOARD OIL COMPANY	1939-47	Llano de Azua  Valle de Enriquillo Valle de San Juan	Maleno Maleno-1 A El Mogote-1 Las Hormigas-1 Quita Coraza-1 Mella-1 Comendador-1
COMPAÑÍA PETROLERA DOMINICANA	1956-60	Valle del Cibao Llano de Azua  Valle de Enriquillo	Kilómetro 19-1 Arroyo Blanco-1 Kilómetro19-2 Maleno DT-1 Palo Alto-1 Mella-2 Cabritos-1
QUISQUEYA OIL CO.	1964-69	Valle del Cibao	Sorpresa-1
GAS Y PETRÓLEO DOMINICANA	1964-70	Sierra de El Número Llano de Azua	Dominicanos-1
TENNECO	1969	Bahía de Ocoa Bahía de Neiba Valle del Cibao Bahía de Samaná	
PETROLERA LAS MERCEDES	1978-79	Cuenca de S. Pedro  Valle del Cibao Llano de Azua	San Pedro-1  San Pedro-2 Santo Domingo-1
CANADIAN SUP. OIL	1979	Valle de Enriquillo	Charco Largo-1
ANSCHUTZ CORP.	1980-81	Valle de San Juan	Candelón-1
MOBIL OIL COMP.	1991-	Bahía de Ocoa	

En 1969 Gas y Petróleo Dominicana (Gaspedom) e International Resources Limited reiniciaron los estudios de la región mediante campañas sísmicas, seguidas por una serie de perforaciones que en su mayor parte encontraron petróleo y gas, que resultaron

improductivos. Simultáneamente, Tenneco desarrolló diversas campañas sísmicas en la plataforma marina, entre ellas una en la bahía de Ocoa.

A finales de los 70, la Canadian Oil Sperial Ltd., comenzó a operar en la cuenca de Enriquillo donde disparó un total de 1043 km de lıneas sísmicas y realizó una campaña gravimétrica además de los pertinentes estudios geológicos de superficie, que finalizaron con la perforación del pozo Charco Largo-1 (4877 m) en la parte central y más profunda de la cuenca. En este pozo se llevaron a cabo cuatro pruebas de producción que resultaron fallidas.

En épocas más recientes, hay que reseñar las diversas campañas sísmicas efectuadas por la Mobil Oil Company desde 1991 en la bahía de Ocoa. Por último, durante la realización del primer Proyecto de Cartografía Geotemática (1997-2000) se tuvo constancia de la realización de una nueva campaña sísmica en la región del Llano de Azua por parte de Murphin Dominicana a la que, dada su confidencialidad, no se tuvo acceso. Igualmente, durante la realización del presente proyecto la misma compañía acabó la perforación del pozo Boca Cachón-1, en la Hoja del mismo nombre (71° 51,7' W ;18° 32,5' N) del que no se ha facilitado su columna litoestratigráfica.

#### 6.2.1.2. Potencial petrolífero

Trabajos efectuados sobre la potencialidad petrolífera de la región (Mann y Lawrence, 1991) han señalado la Fm Sombrerito y la parte inferior de la Fm Trinchera como roca madre de la mayor parte de los hidrocarburos existentes. En la cuenca de Enriquillo específicamente, el delgado espesor de la Fm Trinchera disminuye esta potencialidad que, no obstante se considera suficiente por el apreciable contenido en materia orgánica de sus facies distales; en esta cuenca también tienen valor como roca madre algunos intervalos pelíticos intercalados en las evaporitas de la Fm Angostura. Las condiciones óptimas de madurez se habrían alcanzado en las partes más profundas de la cuenca coincidiendo con el periodo de máximo enterramiento justo antes del levantamiento principal ocurrido a partir del Plioceno Inferior-medio. Igualmente, la roca almacén correspondería a los niveles areniscosos de la Fm Trinchera y a ciertos tramos porosos, cuya génesis no ha sido bien explicada, de la Fm Sombrerito en sus facies calcárea (especialmente las denominadas en este proyecto calizas de Barahona). Una segunda génesis, de mucha menor entidad, podría estar relacionada con la Fm Arroyo Blanco, que además serviría como roca almacén. En cuanto a su mejor

trampa, corresponde a una serie de estructuras anticlinales selladas por horizontes impermeables y por cabalgamientos,.

Sea como fuere, no existen datos que permitan cuantificar las reservas de ninguno de los potenciales almacenes de hidrocarburos; no obstante, existen algunas cifras orientativas acerca de la posible productividad, basadas en las explotaciones pasadas. La primera extracción de la que se tiene noticia se cifra en torno a 400 barriles diarios de petróleo en el pozo Higuerito (Texas Company, 1905). La producción de los campos de Maleno e Higuerito alcanzó 19.000 barriles (Seaboard Oil Company, 1939) de petróleo de 20° API; de los sondeos efectuados por esta compañía entre 1940 y 1947, Las Hormigas-1 mostró hidrocarburos en cantidades irrelevantes. Un nuevo intento de explotación del campo de Maleno (Petrolera Azuana, 1960) concluyó cuando se habían extraído 10.000 barriles y apareció agua, sin que se disponga de ninguna cuantificación de producción posterior. En la cuenca de Enriquillo la explotación ha sido prácticamente nula. Estas cifras, que reflejan a grandes rasgos los resultados extractivos de la exploración de casi un siglo, no invitan a adoptar una postura demasiado optimista con respecto a la potencialidad petrolífera de estas cuencas, aunque tal vez los nuevos modelos geológicos de la región sugieran un replanteamiento de las estrategias a seguir en futuras exploraciones.

### 6.2.2. Rocas industriales

En el territorio de la Hoja de La Descubierta se han identificado seis indicios o canteras correspondientes al sector de las Rocas Industriales que explotan calizas o carbonato cálcico. Los indicios se sitúan sobre las formaciones carbonatadas de Neiba (inferior, brechoide o superior y sobre las calizas y calcarenitas del término inferior del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate. La sustancia, mineralógicamente es la misma, es decir caliza o carbonato cálcico, pero no así su uso puesto que en dos canteras, su utilización, previo machaqueo, es directamente enviado para la industria papelera y de piensos para animales, en tanto que en el resto de las canteras, su empleo es como árido de carreteras.

#### 6.2.2.1. Descripción de Sustancias

Los indicios numerados como 1 y 2, explotan  $\text{Co}_3\text{Ca}$  de la Fm. Neiba brechoide. Aquí las condiciones supergénicas han dado lugar a un lavado de las calizas que unido a su estado

pulverulento ha resultado en un yacimiento muy puro de  $Co_3Ca$ , deleznable, fácilmente explotable. El producto se arranca, tritura para ser envasado y posteriormente enviado a la industria papelera y a la de fabricación de piensos.

El resto de las canteras (4), se sitúan también sobre la formación Neiba (3) y los términos calcareos y cacareníticos inferiores del Conjunto Volcanosedimentario. En todos estos casos el producto extraído ha sido directamente empleado como árido en la construcción de los caminos y carreteras adyacentes.

**CUADRO 6.2.2. INDICIOS DE ROCAS INDUSTRIALES DE LA HOJA DE LA DESCUBIERTA**

NÚMERO	COORDENADAS		FORMACIÓN	SUSTANCIA	ACTIVIDAD	TAMAÑO	UTILIZACIÓN
	X	Y					
1	213049	2055169	Neiba brechoide	$Co_3Ca$	Activa	Medio	Industrial
2	213150	2055700	Neiba brechoide	$Co_3Ca$	Activa	Medio	Industrial
3	219228	2063756	Com. Volcan El Aguacate	Calizas	Abandonada	Pequeña	Arm
4	224356	2062687	Neiba inferior	Calizas	Abandonada	Pequeña	Arm
5	220195	2060863	Neiba superior	Calizas	Intermitente	Pequeña	Arm
6	222119	2057003	Neiba brechoide	Calizas	Abandonada	Pequeña	Arm

#### 6.2.2.2. Potencial Minero

El potencial minero de estos indicios o canteras se resume de la siguiente forma:

- $Co_3Ca$ : la calidad y cantidad de este yacimiento parece augurarle un futuro prometedor, en tanto se mantengan las condicionantes del mercado.
- Calizas de potencial ilimitado su futuro desarrollo está condicionado por la falta de infraestructuras, energía y distancia a los puntos de consumo.

## **7. 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 y evitar el uso abusivo de sus recursos. Dentro de los recursos no renovables de un país, el patrimonio ocupa un lugar relevante, pues proporciona un conocimiento fundamental para conocer la historia de la Tierra y la vida que en ella se desarrolla. Al mismo tiempo, su estudio e interpretación pone 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.

### **7.1. Relación de los L.I.G.**

En la Hoja de La Descubierta se han inventariado tres Lugares de Interés Geológico: corte de la Fm Arroyo Seco en el río Barreras, corte del arrecife Holoceno en un barranco al este de Las Clavellinas y pista de El Higo de La Cruz-Guayabal. Los dos primeros son Lugares en sentido estricto y el tercero se trata de un itinerario relativamente completo por las pistas de mejor acceso de la Hoja, en el que se pueden hacer tanto observaciones puntuales a escala de afloramiento como visualizaciones del espectacular paisaje que, en conjunto, permiten adquirir una perfecta idea de la geología de la zona. En los dos primeros el acceso es fácil, junto a la carretera de o con un pequeño recorrido a pie desde ésta. El tercero es un itinerario en vehículo cuya viabilidad dependerá del estado de las pistas, que con lluvias sufren frecuentes cortes.

## 7.2. 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).

### - Corte de la Fm Arroyo Seco en el río Barreras

Al L.I.G. se accede desde la localidad de Los Ríos por el camino que lleva a la toma de agua desde el río Barreras. Desde allí, se coge el camino a pie que discurre paralelo a dicho río por la parte media de su margen derecha que conduce a la localidad con este nombre. El corte empieza en la misma toma de agua y se prolonga hacia el norte hasta el contacto con las calizas de Neiba, tras cruzar en la mitad de trayecto el río. Por su posible utilización se puede catalogar como científico y, en menor medida, turístico, en tanto que su ámbito de influencia es regional.

El corte, con un espesor mínimo de 800 m, muestra la disposición de los conglomerados calcáreos de la Fm Arroyo Seco en sucesivos ciclos granocrecientes que forman una discordancia progresiva, con acuñamiento de la serie hacia el norte. Internamente, en cada ciclo se distingue un término inferior en el que alternan lutitas, areniscas y conglomerados, y un término superior en el que los conglomerados son predominantes. El ciclo basal, muy cubierto, descansa sobre la alternancia de margas, margocalizas y calcarenitas de la unidad de Cortadero, que aflora bien en el siguiente cruce del río, representada por una alternancia de margas y margocalizas blancas. En el trayecto citado se observa bien el progresivo aumento de buzamiento de los conglomerados y una panorámica del ápice de los abanicos y de la discordancia progresiva que forman los distintos ciclos sobre el relieve de las calizas de la Unidad de Cortadero.

### - Corte del arrecife holoceno al este de Las Clavellinas

Este L.I.G. se localiza en un barranco que cruza la carretera principal de La Descubierta, en una curva pronunciada aproximadamente a 1 km antes de llegar a Las

Clavellinas. Por su posible utilización se puede catalogar como científico y turístico, en tanto que su ámbito de influencia es regional.

El corte empieza en la parte del barranco situada al norte de la carretera, que se puede recorrer aguas arriba, al menos hasta el contacto con la Fm Arroyo Blanco. A partir de este contacto hacia el sur, se observa una serie de limos y margas asociados a los depósitos del arrecife, entre los que se intercalan niveles de conglomerados de los abanicos aluviales procedentes de la sierra. Los limos y margas presentan localmente un buzamiento de hasta 25 ° al sur y pasan lateralmente y hacia techo a los depósitos propios del arrecife mayoritariamente formados por corales ramosos (*Acropora cervicornis*), con intervalos de *back reef* en los que se acumulan abundantes fragmentos de los mismos.

La parte inferior de este barranco, al sur de la carretera no tiene buen afloramiento pero su puede completar con observaciones en otro barranco situado 1,5 km al este de Postrer Río donde aflora bien la unidad inferior de biohermos de corales masivos multilobulados y subcolumnares, así como, al nivel de la carretera, las construcciones de algas (estromatolitos) superiores.

- Itinerario por las pistas de El Higo de La Cruz-Guayabal

El tercer L.I.G. propuesto en la Hoja de La Descubierta corresponde a un itinerario por la pista de El Higo de La Cruz, que enlaza, si las condiciones climatológicas no lo impiden, con la de Maniel-Los Bolos, con salida por El Guayabal y Postrer Río. Por su posible utilización se puede catalogar como científico y, en menor medida, turístico, en tanto que su ámbito de influencia es regional.

El itinerario comienza en la pista a El Higo de la Cruz que se toma en la carretera de La Descubierta, a mitad de camino entre las localidades de Los Ríos y Postrer Río. Los primeros kms del recorrido atraviesan los depósitos de conglomerados con intercalaciones margosas de la Fm Arroyo Blanco, con suave buzamiento hacia el sur. Inmediatamente comienza el ascenso por los relieves de la Fm Neiba brechoide y la carretera atraviesa el primer afloramiento del Conjunto Volcanosedimentario con facies de brechas volcánicas. En el ascenso, los afloramientos muestran el aspecto brechoide característico de la mencionada formación calcárea, que anula casi completamente la

estratificación, con buzamiento al sur; en detalle, las facies presentan fragmentos de corales y macroforaminíferos. En la parte alta de este trayecto, poco antes de llegar a la localidad de El Higo de La Cruz, se produce el tránsito a los términos tableados correspondientes a la Fm Neiba superior, que pasan a tener un marcado buzamiento al norte. A partir de aquí, en el paisaje serán constantes las morfologías cársticas a las que se asocian los tonos rojizos de las arcillas de descalcificación. Desde el collado, la panorámica hacia el norte permite observar el anticlinal de Sabana de El Silencio, cabalgante sobre la Fm Sombrerito que aflora en el fondo del valle de Los Mosquitos.

Desde el El Higo de La Cruz, se atraviesan los relieves cársticos del anticlinal de Los Bolos, labrados sobre las calizas de la Fm Neiba inferior. En el flanco sur de este anticlinal se atraviesa un pequeño afloramiento del Conjunto Volcanosedimentario, que se repite en el flanco norte al entrar en el valle de Maniel-Los Bolos. En el valle, la carretera atraviesa diversos afloramientos de este conjunto volcanosedimentario que ocupa la totalidad del valle, donde forma un sinclinal volcado con vergencia al sur. Entre ellos destaca, a pie de carretera, a la altura de Maniel, el de la unidad de calcarenitas, margas y tufitas (4), que se disponen directamente a techo de la Fm Neiba inferior, formando la base del citado conjunto. El corte de esta unidad basal de Conjunto Volcanosedimentario se puede completar en el camino a Los Almendros donde afloran bien los términos calcareníticos y sobre ellos, la alternancia de margas y tufitas.

A la salida hacia el sur se observa la forma de valle ciego o sumidero que presenta esta depresión interna y, de nuevo, las abundantes morfologías cársticas desarrolladas en las calizas, con lapiares y dolinas como representantes más habituales. Al comienzo de la bajada hay una magnífica vista (hacia el sur) de la depresión de Guayabal y, al fondo, del Lago Enriquillo. En la depresión de Guayabal destacan a simple vista los abanicos aluviales que se forman a la salida de los principales arroyos. En la bajada se atraviesan buenos afloramientos de la Fm Neiba superior; entre ellos llaman la atención algunos con pliegues vergentes al sur de los que hay dudas si responden a estructuras de plegamiento o a *slumps* formados tras el depósito original de la serie. A la altura de Guayabal se pueden visitar las dos surgencias cársticas que existen en esta depresión.

En su tramo final, cerca de la confluencia con la carretera principal en Postrer Río, el itinerario discurre de nuevo por la Fm Arroyo Blanco, que se presenta, en su parte

basal, con sus facies de margas y areniscas más distales, y encima, con las facies de conglomerados y margas más proximales.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- ACUATER (2000):** Estudio Hidrogeológico Nacional.Valle de Neiba. Mapas y Memoria. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- ALVAREZ (1998):** Tyrannosaurus rex y el cráter de la muerte. Crítica. Barcelona, 201 pp.
- ARICK, M.B., (1940a):** Report on the geology of Hispaniola. Unpublished reports, Dominican Seaboard Oil Company, 12p.
- ARICK, M.B., (1940b):** Dominican Seaboard Oil Company, Inc.; Annual report of Geological Department. Unpublished reports, Dominican Seaboard Oil Company, 34 p.
- BARRETT, T.J. Y MACLEAN, W.H., (1999):** Volcanic sequences, lithogrochemistry, and hydrothermal alteration in some bimodal volcanic-associated massive sulfide systems. In Volcanic-associated massive sulfide deposits: precesses and examples in modern and ancient settings. En C.T. Barrie and M.D. Hannington (eds.). Reviews in Economic Geology, N° 8: 101-131.
- BELLON, H., VILLA, J.M. y MERCIER De LEPINAY, B., (1985):** Chronologie K- Ar et affinities geoquimiques des manifestations magnatiques au cretace et au paleogene dans L'isle D'Hispaniola. En Geodynamique des Caribes (ed.) Technip.
- BERMÚDEZ, P.J., (1949):** Tertiary smaller foraminifera of the Dominican Republic. Cushman Laboratory for Foraminiferal Research Special Publication, 25, 322p.
- BERNARDEZ Y SOLER. (2004):** Proyecto de Cartografía Gotemática de la República Dominicana. Hoja a E.1:50.000 n° 5973-III (Arroyo Limón). Programa SYSMIN, Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- BIJU-DUVAL, B., BIZON, B., MASCLE, A., MULLER, C., (1983):** Active margin processes; field observations in southern Hispaniola. En J.S. Watkins, C.L. Drake, (eds.). Studies in continental margin geology. American Assotiation of Petroleum Geologist Memoir, 34: 325-346.
- 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.
- BREUNER, T.A. (1985):** The Geology of the Eastern Sierra de Neiba. Tesis doctoral, Universidad de Washington (inédito), 120 p.

- BOURGOIS, J., R., TAVARES, I., VILA, J.M., (1979):** L'Eocene a blocs d'Ocoa (Republique Dominicaine, Grandes Antilles); Témoin d'une Tectonique tangentielle a vergence sud dans l'île d'Hispaniola. Bull. Soc. Geologique de France, 7, 759-764.
- BOWIN, C., (1966):** Geology of the Central Dominican Republic. A case history of part of an island arc. En H. Hess (ed.). Caribbean geological investigations, Geological Society of America, 98, 11-84.
- BURKE, K., FOX, P.J., SENGÖR, M.C., (1978):** Buoyant ocean floor and the origin of the Caribbean. Journal of Geophysical Research, 83, 3949-3954.
- BURKE, K., FOX, P.J., SENGÖR, M.C., (1988):** Ten meter global sea level change associated with south Atlantic Aptian salt deposition. Mar. Geol., 309-312.
- BYRNE, D.B., SUAREZ, G., McCANN, W.R., (1985):** Muertos Trough subduction-Microplate tectonics in the northern Caribbean. Nature, 317, 420-421.
- CALMUS, T., (1983):** Décrochement senestre sud-haïtien: Analices et conséquences paléogéographiques dans la region de Camp Perrin.Extrait Ann. Soc. Géol. Nord. (Lille, France), Séance du 10 Juin, 1983: 309-316.
- CEPEK, P., (1990):** Catálogo Paleontológico de la República Dominicana. Servicio Geológico Nacional. (Inédito).
- CGG (Compagnie Generale de Geophysique), (1999):** Informe final sobre la prospección magnética y radiométrica aereoportada del territorio de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional. Santo Domingo.
- COOPER, C., (1983):** Geology of the Fondo Negro region, Dominican Republic. M. S. Thesis, State University of New York, Albany, 145 p. (Inédito).
- COX, K.G., BELL, J.D. y PANKHURST, R.J. (1979):** The interpretation of Igneous rocks, George Allen and Unwin, London, R.A. Batchelor and P. Bowden, 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters, Chemical Geology, vol. 48, 43-55.
- De METS, C., JANSMA P., MATTIOLI, G., DIXON, T., FARINA, F., BILHAM, R., CALAIS, E., MANN, P., (2000):** GPS geodetic constraints on Caribbean-North America plate motion, Geophys. Res. Lett., 27, 437-440.
- De LEÓN, R., (1983):** Aspectos geológicos e hidrogeológicos de la región suroeste. Publicaciones especiales, Museo de Historia Natural, Santo Domingo. 25pp.
- DÍAZ de NEIRA, J.A., (2000 a):** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6072-III (Padre Las Casas) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo

- DIAZ de NEIRA, J.A., (2000 b):** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 6071-II (Azua) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- DIXON, T., FARINA, F., De METS, C., JANSMA, p. and CALAIS, E., (1998):** Relative motion between the Caribbean and North American plates and related boundary zone deformation based on a decade of GPS measurements. *J. Geophys. Res.*, 103: 15, 157-15,182.
- DOHM, C.F., (1941):** The geology of the Azua-Enriquillo Basin areas covered by Aerial Mosaics n° 7,14 and 15. Dominican Republic. Santo Domingo Office n° 15, Unpublished reports. Dominican Seaboard Oil Company,17p.
- DOHM, C.F., (1942):** A geological report of the cerros de Sal, Valle Enriquillo- Dominican Republic describing mosaic Areas nos. 1 and 2. Unpublished reports. Dominican Seaboard Oil Company, 17p.
- DOLAN, J.F., MANN, P., De ZOETEN, R., HEUBECK, C., SHIROMA, J., MONECHI, S., (1991):** Sedimentologic, stratigraphic, and tectonic synthesis of Eocene-Miocene sedimentary basins, Hispaniola and Puerto Rico. En P. Mann, G. Draper, J.F Lewis, (eds.). *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper 262*, 217-263.
- DOLAN, J.F., MANN, P. (1998):** Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. *Geological Society of America Special Paper 326*, 174 p.
- DRAPER, G., BARROS, J.A. (1994):** Cuba. En S.K. Donovan, T.A., Jackson (eds.). *Caribbean Geology, an Introduction*, The University of The West Indies Publishers Association, Kinstong, Jamaica: 65-86.
- DRAPER, G., GUTIERREZ, G., LEWIS, J. F., (1996):** Thrust emplacement of the Española peridotite belt: Orogenic expresion of the Mid Cretaceous Caribbean arc polarity reversal. *Geology*, 24 (12), 1143-1146.
- DÍAZ de NEIRA, J.A., (2000 a):** Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Hoja a E. 1:50.000 n° 6072-III (Padre Las Casas). Proyecto SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- DIAZ de NEIRA, J.A., (2000 b):** Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Hoja a E. 1:50.000 n° 6071-II (Azua). Proyecto SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

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

**ESCUDER VIRUETE, J., (2004 ):** Informe de Petrología y Geoquímica de las Rocas Ígneas y Metamórficas del Proyecto K (Hojas de Dajabón, Martín García, Loma de Cabrera, Santiago Rodríguez, Monción, Restauración, Jicomé, Bánica, Arroyo Limón y Lamedero) de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo

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

**GARCIA, E., HARMS, F.,(1988):** Informe del Mapa Geológico de la Republica Dominicana escala 1:100.000 San Juan (4972). Santo Domingo, 97 p.

**GÓMEZ SAINZ de AJA, J.A., (2000):** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6072-IV (Gajo de Monte) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo

**GOMEZ SAINZ de AJA, J.A., MARTIN FERNANDEZ, M., (2000):** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6072-I (Constanza) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

**GIRARD, D., BECK, C., STEPHAN, J.F., BLANCHET, R., AND MAURY, R., (1982):** Pétrologie géochimie et signification géodynamique de quelques formations volcaniques crétaées péri-caraibes: Bulletin of the Geoligal Society of France, v.24, 535-544

**HERNAIZ HUERTA, P.P., (2000a):** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6172-III (Arroyo Caña) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo

**HERNAIZ HUERTA, P.P., (2000b):** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 6071-I (San José de Ocoa) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía

Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo

**HERNAIZ HUERTA, P.P., PERZ-ESTAUN, A., (2002):** Estructura del cinturón de pliegues y cabalgamientos de Peralta, República Dominicana. En A. Pérez-Estaún, I.Tavares, A. García Cortes, P.P. Hernaiz Huerta (eds.). Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. Acta Geológica Hispánica, 37 183-205

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

**HEUBECK, C., MANN, P., DOLAN, J., MONECHI, S., (1991):** Diachronous uplift and recycling of sedimentary basins during Cenozoic tectonic transpression; northeastern Caribbean plate margin. Sedimentary Geology, 70, 1-32.

**LEWIS, J.F., ESCUDER VIRUETE, J., HERNAIZ HUERTA GUTIERREZ, G., DRAPER, G., PEREZ-ESTAUN, A., (2002):** Subdivisión geoquímica del Arco Isla Circum-Caribeño, Cordillera Central Dominicana: Implicaciones para la formación, acreción y crecimiento cortical en un ambiente intraoceánico. En A. Pérez-Estaún, I.Tavares, A. García Cortes, P.P. Hernaiz Huerta (eds.). Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. Acta Geológica Hispánica. 37, 81-22.

**LLINAS, R.A., (1972):** Geología del área Polo-Duvergé, Cuenca de Enriquillo, Codia, Part 1. Publication of Colegio Dominicano de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores, Santo Domingo, No.31. 55-65.

**LLINAS, R.A., (1972):** Geología del área Polo-Duvergé, Cuenca de Enriquillo, Codia, Part 2. Publication of Colegio Dominicano de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores, Santo Domingo, No.32 pp. 40-53.

**MANN, P.,(1983):** Cenozoic tectonics of the Caribbean structural and stratigraphic studies in Jamaica and Hispaniola. Thesis. New York University, Albany, 688 p. (Inédito).

**MANN, P., (1999):** Caribbean Sedimentary Basins: Classification and Tectonic Setting from Jurassic to Present. En P. Mann (ed.). Caribbean Basins. Sedimentary Basins of the World, 4 (Series Editor: K.J. Hsü), 3-31.

**MANN, P., CALAIS, E., RUEGG, J.C., DEMETS C., JANSMA, P.E., MATTIOLI, G.S. (2002):** Oblique collision in the northeastern Caribbean from GPS measurements and geological observations. Tectonics 21, 6, 1- 26

**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 p.

- MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F., (1991b):** An overview of the geologic and tectonic development of Española. En P. Mann, G. Draper, J.F. Lewis (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper 262, 1-28.
- MANN, P., LEBRON, M., RODRIGUEZ, J. and HEUBECK, C., (1991c):** Geologic maps of the southern Dominican Republic. En P. Mann, G. Draper and J.F. Lewis (eds.), Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper 262. Plates 4a, 4b, and 4c, scale: 1:150,000.
- MANN, P., McLAUGHIN, P.P., COOPER, C.,(1991d):** Geology of the Azua and Enriquillo basins, Dominican Republic; 2, Structure and tectonics. En P. Mann, G. Draper, J.F. Lewis (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper 262, 367-390.
- MANN, P. , MCLAUGHLIN, JR., P.P., VAN DER BOLD, W.A., LAWRENCE, S. R. Y LAMAR, M. E.,(1999).** Tectonic and Eustatic Controls on Neogene Evaporitic and Siliciclastic Deposition in the Enriquillo Basin, Dominican Republic. En P. Mann (ed.). Caribbean Basins. Sedimentary Basins of the World, 4 (Series Editor: K.J. Hsü), 287-342.
- MANN, P. y LAWRENCE, S.R., (1991):** Petroleum potential of southern Hispaniola. Journal of Petroleum Geology, 14: 291-308.
- MANN, P., TAYLOR, F.W., BURKE, K., and KULSTAD, R., (1984):** Subaerially exposed Holocene coral reef, Enriquillo Valley, Dominican Republic. Geol. Soc. Am. Bull., 95: 1084-1092.
- MANN, P., TAYLOR, F.W., EDWARDS, R.L., KU, TL.,(1995):** Actively evolving microplate formation by oblique collision and sideways motion along strike-slip faults: An example from the north-eastern Caribbean plate margin. Tectonophysics, 246, 1-69.
- MAURRASSE, G. HUSLER, G. GEORGES, R. SCHIMITT, and P. DAMOND. 1979:** Upraised Caribbean Sea floor below acoustic reflector B" and the Southern Peninsula of Haiti, Geolo, Minjbuow., 8, 71-83.
- MASSON, D.G., SCANLON, K.M., (1991):** The neotectonic setting of Puerto Rico. Geological Society of America Bulletin, 103, 144-154.
- MAUFFRET, A., LEROY, S.(1997):** Seismic stratigraphy and structure of the Caribbean igneous province. Tectonophysics, 283: 61-104.

- McLAUGHLIN, P.P., VAN DEN BOLD, W.A., MANN, P., (1991):** Geology of the Azua and Enriquillo basins. Dominican Republic; 1, Neogene lithofacies, biostratigraphy, biofacies, and paleogeography. En P. Mann, G. Draper, J.F. Lewis (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper 262, 337-366.
- MERCIER DE LEPINAY, B., (1987):** L'évolution géologique de la bordure Nord-Caraïbe: L'exemple de la transversale de l'île d'Española (Grandes Antilles). These de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, 378 pp. (Inédito).
- NORCONSULT, (1893):** Dominican Republic. Petroleum Exploration Appraisal. Report for Servicio Geológico Nacional. Santo Domingo (inédito).
- PARDO, G., (1975):** Geology of Cuba. En: The Ocean Basins and Margins, (Nairn, Stelhi eds.) A.E.M. Vol. 3.
- PINDELL, J. L., BARRETT, S. F., (1990):** Geological evolution of the Caribbean region: a plate tectonic perspective. En G. Dengo y J.E. Case (eds.). The Caribbean, Volume H, Decade of North American Geology. Geological Society of America, Boulder, Colorado, 404-432.
- PINDELL, J.L., (1994):** Evolution of the Gulf of Mexico and the Caribbean. En S.K. Donovan y T.A. Jackson (eds.). Caribbean Geology: an introduction, University of the West Indies Publishers Association. University of the West Indies Press, Kingston, Jamaica, 13-39.
- PROINTEC, (1999):** Prevención de Riesgos Geológicos (Riesgos sísmicos). Proyecto del Programa de Desarrollo Geológico Minero (SYSMIN) en la República Dominicana. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- PUBELLIER, M., A. MAUFFRET, S. LEROY, J.M. VILA, H. AMILCAR. (2000):** Plate boundary readjustment in oblique convergence: Example of Neogene of Hispanila, Greater Antilles. Tectonics, Vol. 19, No. 4, pp 630-648.
- RUTTER, E.H., HADDOCK, R.H., HALL, S.H., y WHITE, S.H., (1986):** Comparative microstructures of natural and experimentally produced clay-bearing fault gouges. Paleoph, 124-
- SANZ J., y SOLER, M., (2004):** Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Hoja a E.1:50.000 nº 5873-II (Bánica). Programa SYSMIN, Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- SAYEED, U., MAURASSE, F., KEIL, K., HUSLER, J. y SMITH, R., (1978).** Geochemistry and petrology of some mafic rocks from Dumisseau, Haití: EOS Transactions of the American Geophysical Union, v. 59, 403

- 
- SEN, G. R., HICKEY-VARGAS, G. WAGGONER and F. MARAUSSE. (1988):** Geochemistry of basalts from the Dumisseau Formation, southern Haiti; Implications for the origin of the Caribbean crust. *Earth Planet Sci. Lett.*, 87, 423-437.
- SEN, S. K., BHATTACHARYA, A., (1989):** An orthopyroxene-garnet thermometer and its application to the Madras charnockites. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 88 (1), 64-71.
- TAYLOR, F.W., MANN, P., VALASTRO, S., and BURKE, K., (1985):** Stratigraphy and radiocarbon chronology of a subaerially exposed Holocene coral reef, Dominican Republic. *J. Geol.* 93: 311-332.
- TCHALENKO, J.S., (1968):** The evolution of kink-bands and the development of compression textures in sheared clays. *Tectonophysics*, 6, 159-174
- VAN DEN BERGHE, B., (1983):** Evolution sedimentaire et structurale depuis le paléocène de secteur "Massif de la Selle-Barouco-Nord de la ride de Beata" dans l'orogène nord Caraïbe: Paris, France, Université Marie et Pierre Curie, 205 p.
- VAUGHAN, T.W., COOKE, W., CONDIT, D.D., ROSS, C.P., WOODRING, W.P. y CALKINS F.C. (1921):** A Geological Reconnaissance of the Dominican Republic. En Colección de Cultura Dominicana de la Sociedad Dominicana de Bibliófilos (Editora de Santo Domingo). Santo Domingo, 18 (1983), 268 p.
- WALLACE, M.H., (1947):** A review of the stratigraphy of the Enriquillo basin, Dominican Republic, Unpublished reports, Dominican Seaboard Oil Company, 12p.
- WINCHESTER J.A. y FLOYD, P.A. (1977):** Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, *Chemical Geology*, vol. 20, 325-343.
- WOOD, D.A. (1980):** The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province, *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 50, 11-30.