



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL  
REPÚBLICA DOMINICANA

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

**COTUÍ  
(6173-II)**

**Santo Domingo, R.D., Enero 2007/Diciembre 2010**

La presente Hoja y Memoria forma parte del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, Proyecto 1B, financiado, en consideración de donación, por la Unión Europea a través del programa SYSMIN-II de desarrollo geológico-minero (Proyecto nº 9 ACP DO 006). Ha sido realizada en el periodo 2007-2010 por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières, formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA con normas, dirección y supervisión del Servicio Geológico Nacional, habiendo participado los siguientes técnicos y especialistas:

#### CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA, COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Jacques Monthel (BRGM)

#### PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE ROCAS ENDÓGENAS Y METAMÓRFICAS

- Dr. Javier Escude Viruete (IGME)

#### PETROGRAFÍA DE ROCAS SEDIMENTARIAS Y MICROPALAEONTOLOGÍA

- Dra. Chantal Bourdillon (ERADATA, Le Mans, France)

#### SEDIMENTOLOGÍA Y LEVANTAMIENTOS DE COLUMNAS

- Dr. Fernando Pérez Valera (Consorcio IGME-BRGM-INYPSA)
- Dr. Manuel Abad de Los Santos (Consorcio IGME-BRGM-INYPSA)
- Prof. Juan Carlos Braga Alarcón (Universidad de Granada, España)

#### GEOMORFOLOGÍA

- Ing. Joan Escuer Solé (INYPSA)

#### TELEDETECCIÓN

- Ing. Juan Carlos Gumiel (IGME)

## INTERPRETACIÓN DE LA GEOFÍSICA AEROTRANSPORTADA

- Dr. José Luis García Lobón (IGME)

## DIGITALIZACIÓN, CREACIÓN DE LA ESTRUCTURA SIG Y EDICIÓN DE LOS MAPAS

- Ing. Fernando Pérez Cerdán (IGME)

## DIRECTOR DEL PROYECTO

- Ing. Eusebio Lopera Caballero (IGME)

## SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE LA UNIÓN EUROPEA

- Ing. Enrique Burkhalter, director de la Unidad Técnica de Gestión (TYPESA) del Programa SYSMIN-II

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

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

## SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DEL Servicio Geológico Nacional

- Ing. Octavio López
- Ing. Santiago Muñoz
- Ing. María Calzadilla
- Ing. Jesús Rodríguez

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

agradecer a Hugo Domínguez, Ingeniero a Everton Minera Dominicana S.A., por compartir con nosotros su conocimiento de la Fm Los Ranchos y por su ayuda durante el trabajo de campo.

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

- Muestras y sus correspondientes preparaciones,
- Fichas petrográficas y/o micropaleontológicas de cada una de las muestras,
- Mapa de muestras,
- 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 de San Francisco de Macorís (6173) y Memoria adjunta,
- Mapa de Recursos Minerales del Cuadrante a escala 1:100.000 de San Francisco de Macorís (6173) y Memoria adjunta,
- Geoquímica de Sedimentos Activos y Mineralometría. Mapa a escala 1:150.000 y Memoria adjunta.

Y los siguientes Informes complementarios:

- Informe Estratigráfico y Sedimentológico del Proyecto,
- Informe sobre las Formaciones Arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana,
- Informe de Petrología y Geoquímica de las Rocas Ígneas y Metamórficas (Hojas de Fantino, Cotuí y San Francisco de Macorís),

- Informe de Interpretación de la Geofísica Aerotransportada del Proyecto,
- Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método U/Pb,
- Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método Ar/Ar,
- Informe/Catálogo de macroforaminíferos seleccionados.

## RESUMEN

La Hoja Cotuí (6173-II) está situada en el NO de la Cordillera Oriental y se continúa hacia la Cuenca del Cibao.

En la parte Sur, moderadamente montañosa, predominan los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos, del Cretácico Inferior. Basaltos y productos volcanoclásticos de composición básica son los constituyentes esenciales de la formación. Éstos están asociados, interestratificados, y localmente intruídos, por coladas y domos de dacitas, riolitas y andesitas. La distribución de facies ácidas e intermedias se traduce en la existencia de antiguos volcanes que intruyen a través de la gruesa capa basáltica. El macizo tonalítico de Zambrana (115,5±0,3 Ma) aflora al Sur de la Hoja, en el límite con la Hoja de Hatillo. Otros afloramientos de tonalita han sido reconocidos al NO de la Presa de Hatillo, emplazados en un complejo de rocas volcánicas ácidas, confirman la existencia de una relación genética entre las rocas volcánicas ácidas de la Fm Los Ranchos y el voluminoso plutonismo tonalítico que intruye los niveles estratigráficos más bajos. La existencia de rocas volcánicas ácidas en forma de coladas y domos, de intrusiones tonalíticas y, especialmente, de numerosas zonas hidrotermales refuerza el interés minero de la región. Cotuí está cerca del yacimiento de oro de Pueblo Viejo siendo considerado para la explotación de sulfuros (800 t de oro) y de Cerro Maimón que recientemente ha entrado en producción (122 kt Cu).

En el cuadrante SO de la Hoja, la Fm Los Ranchos está cubierta por calizas masivas con rudistas y calizas oscuras con nódulos de silex de la Fm Hatillo, de edad Albiano, que trazan un pliegue sinclinal de gran radio de curvatura.

La cobertura tabular de las calizas de Los Haitises (Plio-Pleistoceno) está, en sí misma, ampliamente expuesta y ocupa la mayor parte de la mitad Este de la Hoja. Genera, además, una morfología kárstica particularmente característica. Las calizas karstificadas de Los Haitises constituyen el mejor acuífero de la región, tanto en calidad como en cantidad.

En el Norte de la Hoja, los ríos Camú y Yuna son en gran parte los responsables del relleno de la Cuenca del Cibao por potentes aluviones de edad Cuaternario. El cauce de estos ríos sigue evolucionando de acuerdo a la tectónica actual aún muy activa. La conexión entre las colinas, el substrato cretácico y los aluviones de la Cuenca del Cibao se caracteriza por la

difusión de las arcillas generadas por meteorización del substrato. Este recubrimiento fértil es valioso para los cultivos de cítricos y de piñas; aguas abajo, constituyen las zonas preferidas para el cultivo del arroz.

En el NE de la Hoja, la margen Sur de la Cuenca del Cibao está marcada por un importante escarpe E-O, generado por las fallas que limitan la extensión Norte de la plataforma de los Haitises. En el substrato Cretácico, domina la fracturación NO-SE; está truncado y ligeramente desplazado por una red de accidentes perpendiculares, NE-SO.

## ABSTRACT

The Cotui map area (Sheet 6173-II) is in the northwest of the Eastern Cordillera, at its junction with the Cibao Basin.

The fairly mountainous southern part is underlain mainly by Early Cretaceous volcanic terrain of the Los Ranchos Formation; mainly basalt and basic volcanoclastic rocks interstratified, and locally intruded by dacite, rhyolite and andesite flows and domes. The facies distribution reflects the presence of old volcanoes piercing the thick basaltic cover. The Zambrana tonalite massif ( $115.5 \pm 0.3$  Ma) crops out in the south of the area, at its boundary with the Hatillo Sheet. Another tonalite outcrop lies to the northwest of the Hatillo dam, ringed by a whole complex of acid volcanites. This confirms the existence of a genetic relationship between the acid volcanic rocks of the Los Ranchos Formation and the tonalite plutonism intruding the older stratigraphic levels. The presence of acid volcanites, tonalite intrusions and, in particular, numerous hydrothermally altered zones, strengthens the mining interest of this region. Moreover, it is located fairly near to both the famous Pueblo Viejo gold deposit, where it is planned to mine the sulphide part (800 t Au), and the Cerro de Maimon massive sulphide deposit recently brought into production.(122 kt Cu).

In the southwest corner of the area, the Los Ranchos Formation is overlain by rudist and flint-bearing limestone of the Hatillo Formation (Albian). These describe a large-radius syncline.

The tabular Plio-Pleistocene Los Haitises limestone cover with its characteristic karstic morphology is widely exposed, occupying most of the eastern part of the area. Moreover, the karstified Los Haitises limestone is the region's best aquifer, both qualitatively and quantitatively.

The northern part of the area is underlain by the thick Quaternary alluvial infill of the Cibao Basin brought in by the Camú and Yuna rivers. The course of these two rivers continues to evolve in response to the still very active tectonism. A clayey outwash, derived from basement weathering, links the hills with their Cretaceous substratum and the Cibao Basin alluvium. These fertile cover sediments are developed for the cultivation of citrus fruit and pineapple, whilst downstream they provide good soil for rice growing.

In the northeast of the map area, the southern margin of the Cibao Basin is marked by a major E-W escarpment marking a normal fault bounding the northern edge of the Haitises plateau. The main fracturing in the Cretaceous substratum is NW-SE; this is truncated and slightly offset by a network of perpendicular NE-SW faults.

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	Situación geográfica .....	3
1.2	Contexto geológico regional .....	6
1.3	Antecedentes bibliográficos.....	8
1.4	Metodología .....	9
<b>2</b>	<b>ESTRATIGRAFÍA Y PETROGRAFÍA.....</b>	<b>13</b>
2.1	Rocas Plutónicas.....	15
2.1.1	<u>Las intrusiones tonalíticas del Cretácico (1).....</u>	<u>15</u>
2.1.2	<u>Afloramiento de microgabro o dolerita isotropa (2) .....</u>	<u>17</u>
2.2	La Fm Los Ranchos - Cretácico Inferior .....	18
2.2.1	<u>Introducción.....</u>	<u>18</u>
2.2.2	<u>La Fm Los Ranchos en la Hoja de Cotuí .....</u>	<u>22</u>
2.3	La Fm de Calizas de Hatillo – Albiano.....	40
2.3.1	<u>Generalidades .....</u>	<u>40</u>
2.3.2	<u>La Fm de Calizas de Hatillo en la Hoja de Cotuí. Calizas masivas con rudistas, calizas oscuras con nódulos de silex (8). Albiano. K<sub>1</sub>.....</u>	<u>42</u>
2.4	Los Haitises – Plioceno-Pleistoceno.....	44
2.4.1	<u>Generalidades .....</u>	<u>44</u>
2.4.2	<u>Las Calizas de Los Haitises en la Hoja Cotuí. Calizas bioclásticas, calizas margosas y calizas arrecifales con niveles de margas (9). Mioceno superior – Pleistoceno N<sub>1</sub><sup>3</sup> - Q<sub>1-3</sub>.....</u>	<u>47</u>
2.5	Las Formaciones superficiales cuaternarias.....	49
2.5.1	<u>Alteritas y arcillas lateríticas.....</u>	<u>49</u>

2.5.2	<u>Abanico de baja pendiente, piedemonte y glacis. Arcillas rojas y arenas finas (10). Pleistoceno – Holoceno. Q<sub>1-3</sub> – Q<sub>4</sub>.....</u>	<u>50</u>
2.5.3	<u>Depósitos aluviales de la Cuenca del Cibao. Arcillas con gravas y arenas (11). Pleistoceno – Holoceno. Q<sub>1-3</sub> – Q<sub>4</sub>.....</u>	<u>52</u>
2.5.4	<u>Fondo de dolina y polje. Arcillas de descalcificación (12). Pleistoceno – Holoceno. Q<sub>1-3</sub> – Q<sub>4</sub>.....</u>	<u>53</u>
2.5.5	<u>Área pantanosa. Lutitas (13). Holoceno. Q<sub>4</sub>.....</u>	<u>53</u>
2.5.6	<u>Llanura de inundación con brazo fluvial abandonado. Lutitas, arenas y gravas (14). Holoceno. Q<sub>4</sub>.....</u>	<u>54</u>
2.5.7	<u>Terrazas bajas y fondo de valle. Arenas con cantos y gravas (15). Holoceno. Q<sub>4</sub>.....</u>	<u>55</u>
2.5.8	<u>Antrópico. Presa de Hatillo (16). Actual. Q<sub>4</sub>.....</u>	<u>55</u>
2.5.9	<u>Antrópico. Basureros (17). Actual. Q<sub>4</sub>.....</u>	<u>56</u>
<b>3</b>	<b>GEOQUÍMICA.....</b>	<b>58</b>
3.1	<b>Metodología y Técnicas Analíticas.....</b>	<b>58</b>
3.2	<b>Estudio geoquímico de muestras de la Fm Los Ranchos y de los batolitos tonalíticos.....</b>	<b>61</b>
3.2.1	<u>Introducción.....</u>	<u>61</u>
3.2.2	<u>Descripción de los materiales.....</u>	<u>63</u>
3.3	<b>Geocronología.....</b>	<b>72</b>
<b>4</b>	<b>TECTÓNICA.....</b>	<b>74</b>
4.1	<b>Marco geodinámico.....</b>	<b>74</b>
4.2	<b>Estructura de la Cordillera Oriental.....</b>	<b>77</b>
4.3	<b>Características de las principales estructuras y unidades tectónicas de la Hoja Cotui.....</b>	<b>87</b>
4.3.1	<u>El dominio de la Cordillera Oriental.....</u>	<u>87</u>
4.3.2	<u>La plataforma de Los Haitises.....</u>	<u>88</u>

4.3.3	<u>La Cuenca del Cibao</u>	88
<b>5</b>	<b>GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>91</b>
5.1	<b>Descripción general</b>	<b>91</b>
5.2	<b>Formas geomorfológicas</b>	<b>91</b>
5.2.1	<u>Estructurales</u>	92
5.2.2	<u>Fluviales y de escorrentía superficial</u>	93
5.2.3	<u>Formas poligénicas</u>	93
5.2.4	<u>Formas lacustres y endorreicas</u>	93
5.2.5	<u>Formas originadas por meteorización química</u>	94
<b>6</b>	<b>HISTORIA GEOLÓGICA</b>	<b>95</b>
<b>7</b>	<b>GEOLOGÍA ECONÓMICA</b>	<b>99</b>
7.1	<b>Hidrogeología</b>	<b>99</b>
7.1.1	<u>Datos climáticos</u>	99
7.1.2	<u>Hidrografía</u>	100
7.1.3	<u>Principales puntos de abastecimiento</u>	102
7.1.4	<u>Naturaleza e interés de los principales acuíferos</u>	105
7.2	<b>Riesgos naturales</b>	<b>106</b>
7.2.1	<u>Inundación</u>	106
7.2.2	<u>Terremotos</u>	107
7.3	<b>Medio ambiente</b>	<b>108</b>
7.3.1	<u>Almacenamiento y gestión de residuos urbanos</u>	108
7.3.2	<u>Gestión de las aguas residuales</u>	108
7.4	<b>Cuevas</b>	<b>109</b>
7.5	<b>Recursos minerales</b>	<b>109</b>

	<u>7.5.1 Yacimientos e indicios minerales</u> .....	109
	<u>7.5.2 Canteras de materiales</u> .....	111
<b>8</b>	<b>LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO</b> .....	<b>114</b>
<b>8.1</b>	<b>L.I.G. n°1: Volcanismo de la Fm Los Ranchos</b> .....	<b>114</b>
	<u>8.1.1 Croquis de situación</u> .....	114
	<u>8.1.2 Contenido - Motivación</u> .....	114
	<u>8.1.3 Acceso</u> .....	115
	<u>8.1.4 Observaciones y comentarios</u> .....	115
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>117</b>

## FIGURAS

Figura 1:	Esquema fisiográfico de la Española y localización de la Hoja de Cotuí. ....	5
Figura 2:	Esquema geológico de la Española y localización de la Hoja de Cotuí (mod. de Lewis J.F.y Draper G.-1990, in Pérez-Estaún A. <i>et al</i> – 2007). ....	5
Figura 3:	Principales puntos topográficos de la Hoja Cotuí, localización de los accesos y afloramientos estudiados durante la cartografía.....	11
Figura 4:	Mapa geológico del Norte de la Cordillera Oriental Dominicana.....	12
Figura 5:	Localización y naturaleza de las muestras tomadas para análisis geoquímicos....	58
Figura 6:	Formación Los Ranchos. (a) Diagrama triangular de Jensen (1976); (b) Diagrama Nb/Y frente a Zr/TiO <sub>2</sub> mostrando los campos composicionales del Complejo Río Verde; (c, d) Diagramas de Wood (1980); (e) Diagrama Ti-V de Shervais (1983); y (f) .....	67
Figura 7:	Formación Los Ranchos. (a y b) Diagramas de TiO <sub>2</sub> y SiO <sub>2</sub> frente al MgO (%wt.) para las rocas de la Formación Los Ranchos, mostrando también los campos composicionales del Complejo Río Verde; (c, d, e y f) Diagramas de Zr/Ba, Nb/Th, Zr/Hf y Zr/Nb frente al Ti (ppm) para las rocas de la Formación Los Ranchos, mostrando también los campos composicionales del Complejo Río Verde. HMA, campo de las andesitas ricas en MgO. ....	68
Figura 8:	(a, b, c y d) Diagramas de elementos traza normalizados respecto a N-MORB (Sun y McDonough, 1989) para las rocas máficas de la Formación Los Ranchos y diques máficos relacionados. ....	69
Figura 9:	(a, b, c y d) Diagramas de elementos traza normalizados respecto a N-MORB (Sun y McDonough, 1989) para las rocas félsicas de la Formación Los Ranchos y batolitos tonalíticos relacionados. ....	70
Figura 10:	Localización y datación de la muestra recogida en el macizo del Arroyo Piedra.	72
Figura 11:	Diagramas con la edad “plateau” y las isocronas realizadas por el método Ar/Ar de la muestra 6173 II JM9265.....	73

Figura 12: Posición de la Placa Caribe. La Isla de La Española está situada sobre la zona activa de desgarre sinistral que separa las placas norteamericana y caribeña (Lewis J.F. <i>et al.</i> , 2002).....	74
Figura 13: Principales elementos tectónicos del sistema de arco-isla circum-caribeño de edad Cretácico Superior – Eoceno. (Lewis J.F. <i>et al.</i> , 2002).....	75
Figura 14: Corte interpretativo que permite visualizar las relaciones entre La Isla de La Española y las placas Norteamericana y Caribeña (Dolan J.F. <i>et al.</i> , 1998) .....	75
Figura 15: Posición de La Isla de La Española y relación de los principales cizallamientos sinistros con la falla transformante Polochic/Caiman (Dolan J.F. <i>et al.</i> , 1998) .....	76
Figura 16: Corte geológico regional entre la Cordillera Oriental Dominicana y la plataforma de las Bahamas (García-Senz J. <i>et al.</i> , 2007). La interpretación de la línea sísmica T7N es de Edgar N.T. (1991), y se ha migrado usando los datos de velocidad del citado autor. El límite de placas marcado por focos de terremotos y la línea sísmica 12 se han extraído de Dolan J.F. <i>et al.</i> (1998). El perfil muestra la Fm Los Ranchos y la tonalita en el núcleo de la Cordillera, elevados sobre la placa subducida y erosionados por la Fm Don Juan (discordancia pre-Eoceno) y las fallas transformantes terciarias que limitan la Bahía de Samaná. ....	78
Figura 17: Mapa tectónico de la Cordillera Oriental Dominicana con los principales elementos estructurales (García-Senz J. <i>et al.</i> , 2007). ....	80
Figura 18: Campo magnético total reducido al polo, localización de las principales zonas de falla de la República Dominicana (Compagnie Générale de Géophysique, 1999).....	81
Figura 19: Cortes geológicos seriados (I-I' a IV-IV') de la Cordillera Oriental Dominicana (García-Senz J. <i>et al.</i> , 2007).....	84
Figura 20: Cortes geológicos seriados (V-V' a VIII-VIII') de la Cordillera Oriental Dominicana (García-Senz J. <i>et al.</i> , 2007).....	85
Figura 21: Cortes geológicos de la Hoja de Cotuí. ....	90
Figura 22: Diagrama cronostratigráfico que muestra la litología, secuencias deposicionales y los eventos tectónicos registrados en los sedimentos de la Cordillera Oriental (García-Senz J. <i>et al.</i> , 2007). Los datos de la Bahía de Samaná son de Edgar (1991) y los datos del Bloque de San Francisco de Winslow <i>et al.</i> (1991). Las edades radiométricas se han tomado de Bourdon (1985); Kesler <i>et al.</i> , 1991; Bellon <i>et al.</i> , 1985). ....	96
Figura 23: Variaciones mensuales de la pluviometría y de las temperaturas en Cotuí. Estadísticas establecidas a partir de los datos recogidos entre 1938 y 1980. (de <a href="http://www.theweathernetwork.com">http://www.theweathernetwork.com</a> ). ....	99
Figura 24: Flujos mensuales del río Yuna en la entrada al embalse de Hatillo, periodo de 1956-2002 (cifras PVDC).....	101
Figura 25: Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de Cotuí. Los números permiten su correlación con la Tabla 3.....	104
Figura 26: Zonas de riesgo elevado de inundación en el territorio de la Hoja de Cotuí (de Yunarisk, 2008).....	107
Figura 27: Levantamiento topográfico de El Hoyo de Sanabe (A. Gilbert, 2006).....	109
Figura 28: Localización e importancia de los principales canteras de la Hoja de Cotuí. Los números permiten su correlación con la Tabla 5.....	113
Figura 29: Croquis de situación del LIG 1, Cotuí.....	114

## TABLAS

Tabla 1: Coordenadas de los puntos citados en el texto (muestra, foto, etc). ....	57
Tabla 2: Resultados de análisis químico de las muestras del mapa de Cotuí. ....	71
Tabla 3: Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de Cotuí. Los números permiten su correlación con la Figura 23.....	103
Tabla 4: Características de los indicios vistos en la Hoja de Cotuí.....	110
Tabla 5: Características de las canteras de la Hoja de Cotuí. Los números permiten su correlación con la Figura 26.....	112

## FOTOS

Foto 1: Desde el punto 44JM9259. En primer plano, colinas constituidas por las rocas volcánicas de la Fm Los Ranchos. En segundo plano, parte occidental de La Presa de Hatillo con un relieve más escarpado, formado por las Calizas de Hatillo.....	13
Foto 2: Desde el punto 44JM9546. Las Calizas de Los Haitises con montículos (mogotes) de calizas y depresiones rellenas de arcilla roja generada por decalcificación. ....	14
Foto 3: Desde el punto 44JM9337. Valle aluvial del río Yuna, aguas abajo de la Presa de Hatillo. Al fondo, las estribaciones de la Cordillera Septentrional. Fotografía tomada pocos días tras la tormenta Noel (29 octubre 2007).....	14
Foto 4: Afl. 44JM9389. Tonalita del batolito de Zambrana. Facies de grano grueso de color claro.....	15
Foto 5: Afl. 44JM9090. Diques de basaltos bandeados, subverticales, que atraviesan coladas basálticas subhorizontales.....	24
Foto 6: Afl. 44JM9127. Basalto con textura vacuolar. ....	25
Foto 7: Afl. 44JM9093. Basalto con estructura de lava almohadillada (pillow-lava). ....	27
Foto 8: Afl. 44JM9656. Toba piroclástica con pequeños lapillis que resaltan por acción de la meteorización diferencial. ....	29
Foto 9: Afl. 44JM9354. Sucesión de capas decimétricas de rocas epiclásticas ácidas. ....	30
Foto 10: Afl. 44JM9116. Riolita porfídica con cuarzo plurimilimétrico, de sección hexagonal, destacando por la acción de la alteración. ....	32
Foto 11: Afl. 44JM9111. Brecha piroclástica riocácitica. Véase el aspecto escoriáceo de la pátina de alteración y el color claro de la roca. ....	33
Foto 12: Afl. 44JM9191. Brechas piroclásticas ácidas afectadas por alteración hidrotermal.....	34
Foto 13: Afl. 44JM9039. Andesita porfídica. Los cristales y clastos de plagioclasa destacan en la roca y le confieren una textura característica. ....	35
Foto 14: Afl. 44JM9450. Brechas piroclásticas de bloques y fragmentos angulosos de naturaleza poligénica y de tamaño heterogéneo, con matriz volcánica.....	37
Foto 15: Afl. 44JM9409. Brecha monogénica con fragmentos de basalto vesiculado en una matriz de igual naturaleza. Posible techo de colada de lava autobrechificada y escoriácea. ....	38
Foto 16: Afl. 44JM9194. Brecha de bloques y fragmentos de naturaleza poligénica y de tamaño heterogéneo. El cemento de los componentes, el hecho de que estén en contacto y la naturaleza de la matriz cuarzo-feldespática sugieren origen sedimentario. ....	40
Foto 17: Afl. 44JM9208. Fm Caliza de Hatillo. Bloque de caliza biotritica, rica en conchas de rudistas. ....	43
Foto 18: Afl. 44JM9226. Fm Caliza de Hatillo. Capas pluridecimétricas de caliza oquerosa, donde se adivina la estratificación. ....	44

Foto 19: Afl. 44JM9547. Afloramiento natural de Las Calizas de Los Haitises. Las capas de calizas masivas son oquerosas, constituyen las cimas de las colinas.....	48
Foto 20: Afl. 44JM9552. Cantera abierta en las Calizas de Los Haitises. El conjunto presenta una estructura de brecha con fragmentos y bloques escoriáceos de calizas bioclásticas con corales. Se intuye la estratificación sub-horizontal, cubierta por lentejones de acumulación de arcilla de decalcificación, de color rojizo.....	48
Foto 21: Afl. 44JM9588. Alternancias centimétricas a decimétricas, bien estratificadas, de calizas margosas, margas y calizas bioclásticas.....	49
Foto 22: Afl. 44JM 9625. Brecha volcanoclástica de la Fm Los Ranchos completamente meteorizada a arcillas de color rojo-ladrillo. Se intuye la estructura original de la facies. ....	50
Foto 23: Afl. 44JM9269. Secuencias de granoclasificación en los recubrimientos arcillo-arenoso con niveles de gravas. ....	51
Foto 24: Afl. 44JM9152. Acumulación de pisolitos Fe-Mn en los recubrimientos cuaternarios tapizando las laderas de las colinas. Estos sitios son los preferidos para el cultivo de la piña.....	51
Foto 25: Afl. 44JM9330. Recubrimientos esencialmente arcillos en el Valle del Cibao, relevantes para el cultivo del arroz.....	53
Foto 26: Afl. 44JM9550. Llanura aluvial del río Yuna, en la zona de Platanal. ....	54
Foto 27: Desde el punto 44JM9649. Muro de la Presa de Hatillo.....	55

# 1 INTRODUCCIÓN

Debido al carácter incompleto y no sistemático del mapeo de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través de la Dirección General de Minería (DGM), se decidió a abordar a partir de finales de la década pasada, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea. El Programa SYSMIN tiene como objetivo primordial favorecer el desarrollo del sector geológico-minero y mejorar las condiciones de vida de la población frente a los fenómenos sísmicos, la contaminación de las aguas subterráneas y la degradación del medio ambiente generada por las explotaciones mineras en la República Dominicana. Como continuación de los proyectos de Cartografía Geotemática desarrollados dentro del programa SYSMIN I, denominados C (1997-2000), K (2002-2004) y L (2002-2004), el consorcio integrado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) e Informes y Proyectos S.A. (INYPSA), ha sido el responsable de la ejecución, bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG) y la supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN), del Proyecto de "Cartografía Geotemática en República Dominicana".

El objetivo general del Proyecto consiste en la producción de mapas geológicos a escala de 1:50.000 y otros mapas geotemáticos a escala de 1:100 000 siguiendo una normativa precisa en cuanto a su realización. Se trata de continuar la provisión de información geocientífica por el Estado en forma de mapas geológicos y temáticos (mapas geomorfológicos, mapas de recursos minerales, y mapas de procesos activos), bases de datos y otra información que sirve como base para la selección y delimitación de áreas a explorar, la selección de métodos de exploración y para la evaluación de los resultados, así como para el uso de tierras, evaluación de riesgos geológicos y prevención de desastres, entre otros.

Este Proyecto incluye, entre otros trabajos, la elaboración de 45 hojas geológicas a escala 1:50 000 que componen la totalidad o parte de los siguientes cuadrantes a escala 1:100 000:

- 
- **La Isabela:** Barrancón (5975-I), El Mamey (5975-II), Villa Vázquez (5975-III), El Cacao (5975-IV);
  - **Puerto Plata:** Puerto Plata (6075-II), Imbert (6075-III), Luperón (6075-IV);
  - **Santiago:** San Francisco Arriba (6074-I), Santiago (6074-II), San Jose de las Matas (6074-III), Esperanza (6074-IV);
  - **La Vega:** La Vega (6073-I), Jarabacoa (6073-II), Manabao (6073-III), Jánico (6073-IV);
  - **Sabaneta de Yásica:** Sabaneta de Yásica (6175-III);
  - **Salcedo:** Río San Juan (6174-I), Guayabito (6174-II), Salcedo (6174-III), Gaspar. Hernandez (6174-IV);
  - **San Francisco de Macorís:** Pimentel (6173-I), Cotuí (6173-II), Fantino (6173-III), San Francisco de Macorís (6173-IV);
  - **Nagua:** Nagua (6274-III), Cabrera (6274-IV);
  - **Sánchez:** Sánchez (6273-I), Palmar Nuevo(6273-II), Cevicos (6273-III), Villa Riva (6273-IV);
  - **Samaná:** Las Galeras (6373-I), Sabana de la Mar (6373-III), Santa Bárbara (6373-IV);
  - **Las Lisas:** La Vacama (6472-I), El Salado (6472-II);
  - **Enriquillo:** Enriquillo (5969-I), Isla Beata (5969-II), Oviedo (5969-III), Arroyo Dulce (5969-IV);
  - **Barahona:** La Ciénaga (5970-II), Polo (5970-III);
  - **Cabo Rojo:** Cabo Rojo (5869-I), Punta Cimanche (5869-II);

- **Pedernales:** Puerto Escondido (5870-I), Pedernales (5870-II).

## 1.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La Hoja de Cotuí (6173-II) está situada en el borde de la Cordillera Oriental Dominicana y la Cuenca del Cibao. Tres unidades morfológicas pueden distinguirse claramente:

- El Sur, característico de la Cordillera Oriental, es moderadamente montañoso, con una sucesión de colinas onduladas con altitudes comprendidas entre 200 y 350 m culminado por la Loma Quita Sueño (353 m),
- Hacia el NE, la morfología kárstica caracteriza el territorio recubierto por las calizas tabulares de Los Haitises,
- Hacia el N y el NO, está la Cuenca del Cibao, en la que los ríos Yuna y Camú trazan cursos meandriiformes.

El río Yuna constituye el drenaje principal de la región. Este es un río caudaloso y caprichoso cuyo curso ha sido parcialmente modificado en los años 80 con la construcción de la Presa de Hatillo. Hoy en día, el Lago Hatillo ocupa un área de aproximadamente 15 km<sup>2</sup> en la esquina suroeste de la Hoja. Más allá de la presa, el río Yuna atraviesa en diagonal el territorio de la Hoja hasta la confluencia con el río Camú y, luego, toma la dirección O-E. Además del río Camú, el caudal del Yuna se refuerza por los ríos Maguaca y Chacuey, y por numerosos arroyos en régimen torrencial que van de Sur a Norte, procediendo de la Cordillera Oriental.

Esta es una zona agrícola, donde el substrato rocoso condiciona la naturaleza de los cultivos. En los terrenos plutónicos y volcánicos de la Cordillera predominan las ganaderías bovinas, y en los últimos años, el cultivo de piña y cítricos. En las formaciones aluviales de los valles de Yuna y Camú dominan los cultivos de alimentos, principalmente del arroz. Las calizas de Los Haitises son difícilmente aprovechadas debido a las dificultades de acceso, solo se desarrolla una modesta actividad de pastoreo.

La economía local deposita sus esperanzas en el desarrollo de la mina de oro de Pueblo Viejo localizada 15 km al SO de Cotuí. Entre 1975 y 2000, la explotación de la parte oxidada

del yacimiento produjo 5,5 Moz de oro y 25,2 Moz de plata. Durante este periodo, 5% de los beneficios netos de la producción fueron revertidos en la Provincia Sánchez Ramírez. Con estos recursos se realizaron obras de gran importancia como la fundación de un Centro Universitario (Iteco) y dos politécnicos. Hoy en día Barrick, el nuevo accionista de Pueblo Viejo, considerando seriamente la explotación de los sulfuros del yacimiento. El yacimiento representa un potencial estimado de 20 Moz de oro, 107 Moz de plata y 427 Mlb de Cu; las inversiones se estiman en más de 3000 M US\$. La explotación de este yacimiento de importancia mundial generará recursos económicos positivos para Cotuí y la región, tanto en número de empleos a largo plazo como en desarrollo.

Desde un punto de vista administrativo, el territorio de la Hoja de Cotuí depende principalmente de la Provincia de Sánchez Ramírez. Sólo la esquina NE se adjunta a la Provincia Duarte.

La población se concentra en Cotuí, capital de la Provincia Sánchez Ramírez. La población urbana se estima en más de 45 000 habitantes. Además hay que incluir las numerosas poblaciones periféricas como La Mata y Angelina, en dirección al valle de Cibao, o las de La Cueva y Platanal, en dirección a la plataforma de Los Haitises. Una parte importante de la población se localiza a lo largo del trazado de carreteras, además de en las riberas. Las tierras aluviales fértiles se aprovechan de para la práctica de la agricultura de subsistencia; pero en cambio se ha subestimado los peligrosos periodos de crecidas que podrían ser fatales. Ese fue el caso de la tormenta tropical Noel al final del mes de octubre de 2007 que ocasionó numerosas destrucciones en las riberas de los ríos Yuna y Camú.

Desde el punto de vista de las carreteras, el territorio está bien comunicado; numerosas carreteras asfaltadas y pistas accesibles en vehículos 4x4 llegan a Cotuí y permiten el acceso a los diferentes sectores de la Hoja. Los principales problemas de accesibilidad se localizan en los pasos de los ríos Yuna y Camú: los puentes que conectaban Cotuí al Norte del valle del Cibao, en particular a la carretera de San Francisco de Macoris – Nagua, fueron destruidos durante los recientes huracanes. Por otro lado, el acceso a la plataforma de Los Haitises está limitado a algunas pistas y caminos; actualmente la población es escasa en esta zona.

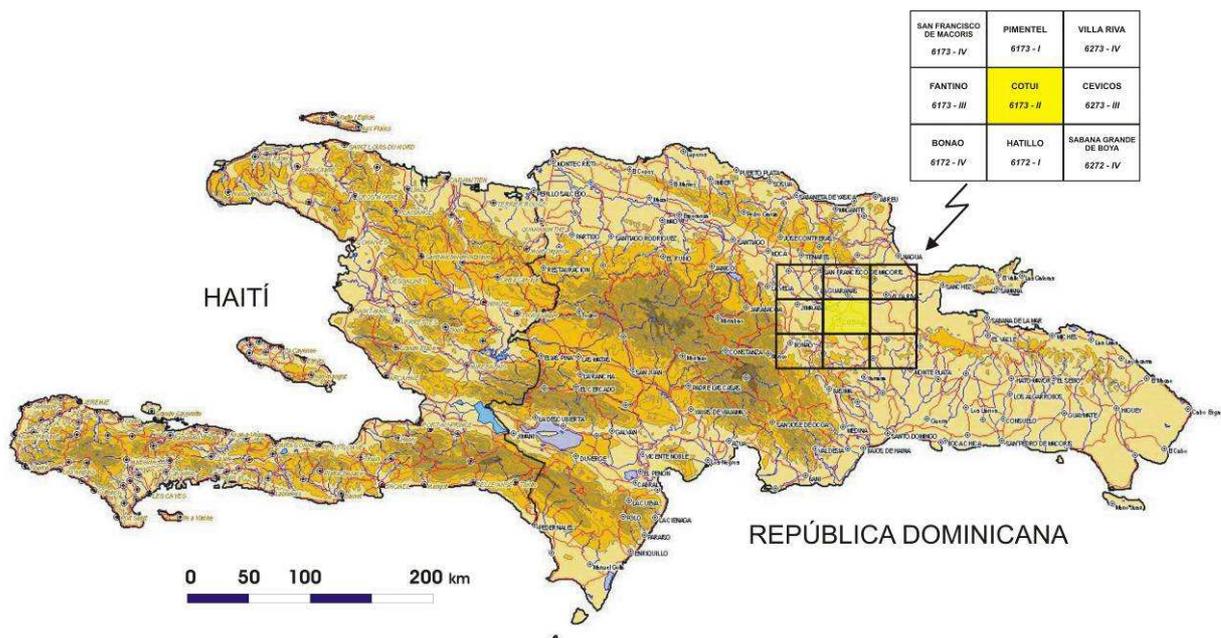


Figura 1: Esquema fisiográfico de la Española y localización de la Hoja de Cotuí.

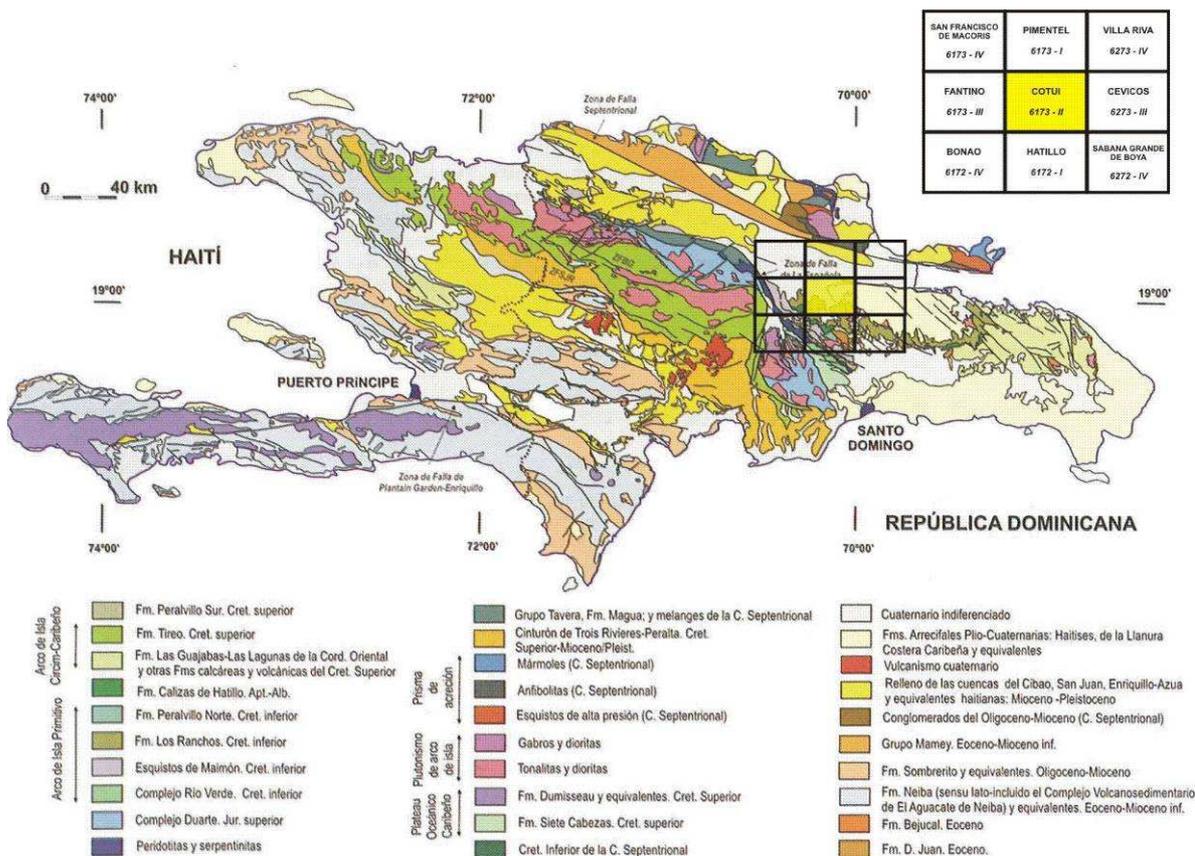


Figura 2: Esquema geológico de la Española y localización de la Hoja de Cotuí (mod. de Lewis J.F. y Draper G.-1990, in Pérez-Estaún A. et al – 2007).

El clima tropical es cálido y muy húmedo, con abundantes precipitaciones de mayo a noviembre y un corto periodo seco en febrero-marzo. En Cotuí, las precipitaciones medias anuales son de 1800 mm. La temperatura media es de 25°C con mínimas de 18°C en las zonas más altas y máximas de 28°C en las llanuras. Este clima es el responsable de una vegetación particularmente exuberante y de una importante alteración arcillosa del substrato rocoso. Los afloramientos son escasos y es, cuando se remonta el lecho de los ríos encontramos las mejores condiciones para observar las rocas.

## 1.2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

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

La Española, conjuntamente con Puerto Rico, constituye una unidad que puede interpretarse como una microplaca, limitada al Norte por una zona de subducción con desplazamiento oblicuo a subparalelo a su traza, y al Sur, por otra zona de subducción incipiente a la que se asocia la Fosa de los Muertos (Byrne D.B. *et al.*, 1985; Masson D.G. y Scanlon K.M., 1991). El margen norte de la Placa del Caribe ha evolucionado desde constituir un límite controlado por subducción en el Cretácico y parte del Eoceno, a ser hoy, tras la colisión de esta placa con la plataforma de las Bahamas (colisión arco-continente), un límite dominado en gran parte por desplazamientos en dirección de carácter senestro que acomodan el desplazamiento hacia el Este de la Placa del Caribe en relación con Norteamérica (Mann P. *et al.*, 1991). La colisión con la plataforma de Las Bahamas, con componente oblicua, fue diacrónica, ya que comenzó en el Eoceno Medio en Cuba (Pardo G., 1975) y terminó en el Oligoceno Inferior en Puerto Rico (Dolan J.F. *et al.*, 1991). Entre estas dos islas, en el segmento correspondiente a La Española, la colisión ocurrió en el intervalo Eoceno Medio-Superior. La tectónica transcurrente comenzó, en este margen norte

de la placa, a partir del Eoceno con la apertura del Surco del Caimán (Mann P. *et al.*, 1991) y se mantiene hasta la actualidad, en un contexto fundamentalmente transpresivo para todo el conjunto de la isla.

La Cordillera Oriental es el bloque más extenso de rocas cretácicas (875 km<sup>2</sup> según Lebrón M.C. y Perfit M.R., 1994) de la aglomeración de terrenos que componen La Española (Mann P. *et al.*, 1991). El límite occidental es el cabalgamiento NO-SE de Hatillo que separa las rocas poco deformadas de la Cordillera Oriental de la banda de rocas de edad equivalente, pero fuertemente deformadas y con peridotita serpentinizada (Peridotita de Loma Caribe), del Cinturón Intermedio (Bowin C., 1966). El límite norte rectilíneo son las fallas E-O de la Bahía de Samaná, que prolongan la cuenca del Cibao de La Española Central, donde se ha acumulado un espesor considerable de sedimentos neógenos. Hacia el Sur y hacia el Este, la Cordillera Oriental termina enterrada bajo la plataforma de carbonatos plio-cuaternaria de la Llanura Costera del Caribe.

La mayor parte del espesor de la corteza de la Cordillera Oriental la forman varios kilómetros de rocas generadas en el Cretácico por acumulación de magma y sedimentos sobre la zona de subducción, en un arco de islas volcánico (Bowin C., 1975). Estas rocas incluyen lavas y rocas volcanoclásticas cubiertas por calizas de edad cretácico inferior, epiclastitas y otras rocas sedimentarias de edad cretácico superior y granitoides intrusivos (batolitos de Zambrana, El Valle y Sabana Grande de Boyá).

Las series terciarias discordantes están dominadas por sedimentos detríticos y carbonatos con una proporción de componentes de origen volcánico menor que las series cretácicas. El Paleógeno forma afloramientos discontinuos mientras que el Neógeno está representado por una plataforma de carbonatos que se extiende desde la bahía de Samaná hasta la costa del Caribe, y que desde su depósito, ha sido arqueada como un anticlinorio.

La Hoja de Cotuí se sitúa en el cuadrante NO de la Cordillera Oriental (Figura 2). Los terrenos volcánicos y volcáno-sedimentarios cretácicos de la Fm Los Ranchos afloran en el margen sur de la Hoja. Dan lugar a relieves de formas alomadas, muy sensibles a la meteorización. En el cuadrante SO de la Hoja, en la ribera occidental del embalse de Hatillo, están cubiertos por las calizas arrecifales albienses de la Fm Hatillo. La cobertura tabular de las margo-calizas de Los Haitises ocupa la mitad este, en la que se genera una morfología kárstica particularmente característica. Las formaciones aluviales recientes en el Valle del

Cibao caracterizan los sectores NO y Norte del río Yuna. La fracturación NO-SE tiene una gran influencia en el modelado de los relieves y en el trazado de la red hidrográfica.

### 1.3 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Las primeras observaciones geológicas se remontan a finales del siglo XIX. (Gabb W.M., 1881) incluye un corte transverso de la Cordillera Oriental en el que interpreta correctamente la existencia de un sustrato de rocas cretácicas y una cobertera delgada discordante de rocas terciarias. Casi 100 años después, aparecen varias publicaciones sobre la geología de La Española (Douglas R.C., 1961; Blesch R.R., 1966) que culminan en la tesis de Bowin C. (1966) y su publicación posterior de 1975. Al final de esta etapa se conoce mejor el Cinturón Intermedio que la Cordillera Oriental, como muestra la cartografía de síntesis de Bowin C. (1975) donde la geología de la Cordillera Oriental se compone de un Cretácico indiferenciado, un Terciario reciente y afloramientos puntuales de rocas ígneas; y la estructura se reduce a medidas dispersas de orientaciones y a la traza cartográfica de dos fallas principales.

La tesis de L. Bourdon (1985), añade un detalle considerable al conocimiento de la Cordillera Oriental, principalmente en los aspectos estratigráficos, paleontológicos y en la petrología de las rocas ígneas. El mapa geológico 1:100 000 que la acompaña representa las formaciones más significativas y ha sido reproducido con pocos cambios en las cartografías de síntesis de Lebrón M.C. y Mann P. (1991) y de la Dirección General de Minería y el BGR alemán (Toloczyki M. y Ramirez I., 1991).

En el marco previo del proyecto Sysmin 2002-2004 (Proyecto L) la cartografía a escala 1:50 000 de 10 hojas de la Cordillera Oriental ha permitido un avance considerable en el conocimiento estratigráfico, petrológico y estructural de esta porción de la República Dominicana (Hernáiz Huerta P.P *et al*, 2004; García-Senz J. *et al*, 2004; Díaz de Neira J.A. *et al*, 2004; Monthel J. *et al*, 2004; García-Senz J. *et al*, 2007; Escuder Viruete J. *et al*, 2007).

Los estudios temáticos en la Cordillera Oriental se centran en la geología y geoquímica de la Fm Los Ranchos debido a su contenido en metales preciosos (Informes internos de Falconbridge Dominicana, 1988; Kesler S.E. *et al.*, 1991; Russell N. y Kesler S.E., 1991 entre otros). Las rocas volcánicas del Cretácico y los plutones de tonalita han sido

estudiados desde un punto de vista petrológico, geoquímico y geocronológico por Kesler S.E. *et al.* (1991); Bourdon L. (1985); Bellon H. *et al.* (1985); Lebrón M.C. (1989); Lebrón M.C. y Perfit M.R. (1993); Kesler S.E. *et al.* (1991), Escuder Viruete J. *et al.* (2007).

No existe documentación específica previa en la Hoja de Cotuí. Las principales observaciones se refieren a los trabajos de exploración realizados durante la consecución de la Hoja geológica a escala 1/250 000 publicada por BGR en 1991 (Toloczyki M. y Ramirez I., 1991), así como la hoja de síntesis a escala de 1/150 000 publicada por "The Geological Society of America"» en el marco del "Special Paper 262", también en 1991 (Lebrón M.C. y Mann P., 1991).

#### **1.4 METODOLOGÍA**

El trabajo de campo se realizó entre Octubre y Noviembre de 2007. Fotos aéreas a escala aproximada de 1/30 000 fueron utilizadas como apoyo. Igualmente, las imágenes de satélite de Google Earth fueron de gran utilidad, en particular para el estudio de los cauces de los ríos Yuna y Camú, y de los paleomeandros de estos ríos.

Todos los afloramientos, así como los accesos utilizados en vehículo, se georeferenciaron utilizando sistemáticamente un GPS Garmin 60 (Figura 3). Los trabajos de gabinete se realizaron a medida que avanzaban la cartografía utilizando el logiciel Arcview y el soporte topográfico, a escala de 1/50 000.(Mapa Topográfico Nacional).

La información académica en forma de tesis y de publicaciones en revistas especializadas ha sido utilizada, además, de informes internos de investigación minera y trabajos de hidrogeología aplicada.

Para la identificación y seguimiento de estructuras profundas o subaflorantes ha sido de gran utilidad el Mapa Aeromagnético de la República Dominicana (Proyecto SYSMIN, Compagnie Générale de Géophysique, 1999). El mapa ternario de Uranio-Torio-Potasio ha demostrado ser asimismo muy sensible a la señal en superficie de las rocas volcánicas, calizas y areniscas que componen la mayor parte de las áreas cartografiadas en la Cordillera Oriental.

De forma coordinada con la elaboración de la Hoja, se diseñó la cartografía Geomorfológica y de Procesos Activos Susceptibles de Constituir Riesgos Geológicos del cuadrante correspondiente, a escala 1:100 000.

Todos los trabajos se efectuaron de acuerdo con la normativa del Programa Nacional de Cartas Geológicas a escala 1:50 000 y Temáticas a escala 1:100 000 de la República Dominicana, elaborada por el Instituto Geológico y Minero de España y la Dirección General de Minería de la República Dominicana e inspirada en el modelo del Mapa Geológico Nacional de España a escala 1:50 000, 2ª serie (MAGNA).

Las dificultades mayores se encontraron en las pésimas condiciones del afloramiento debido al espeso desarrollo vegetal y a la gran sensibilidad de las rocas a la alteración meteórica en clima tropical.

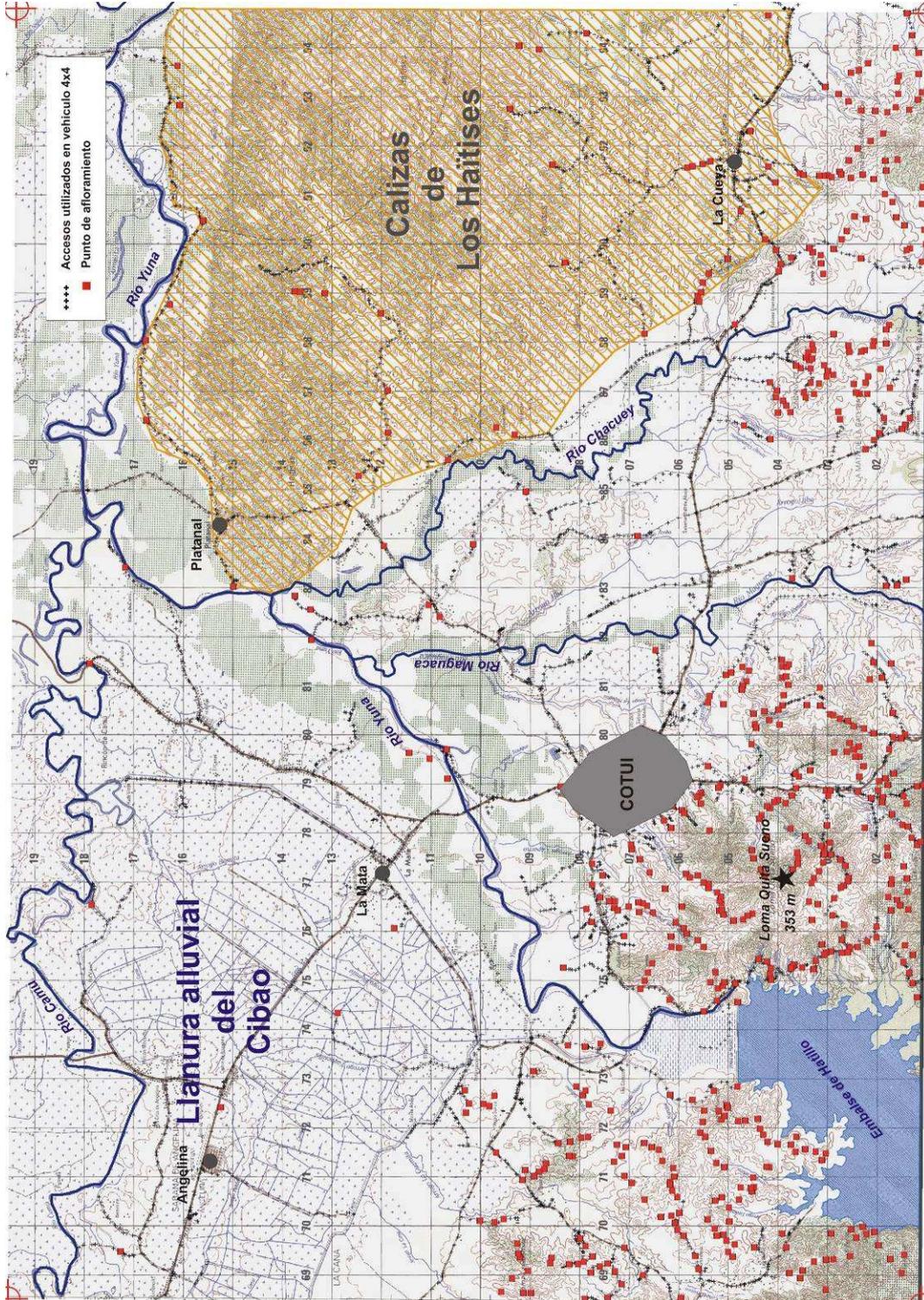


Figura 3: Principales puntos topográficos de la Hoja Cotuí, localización de los accesos y afloramientos estudiados durante la cartografía.

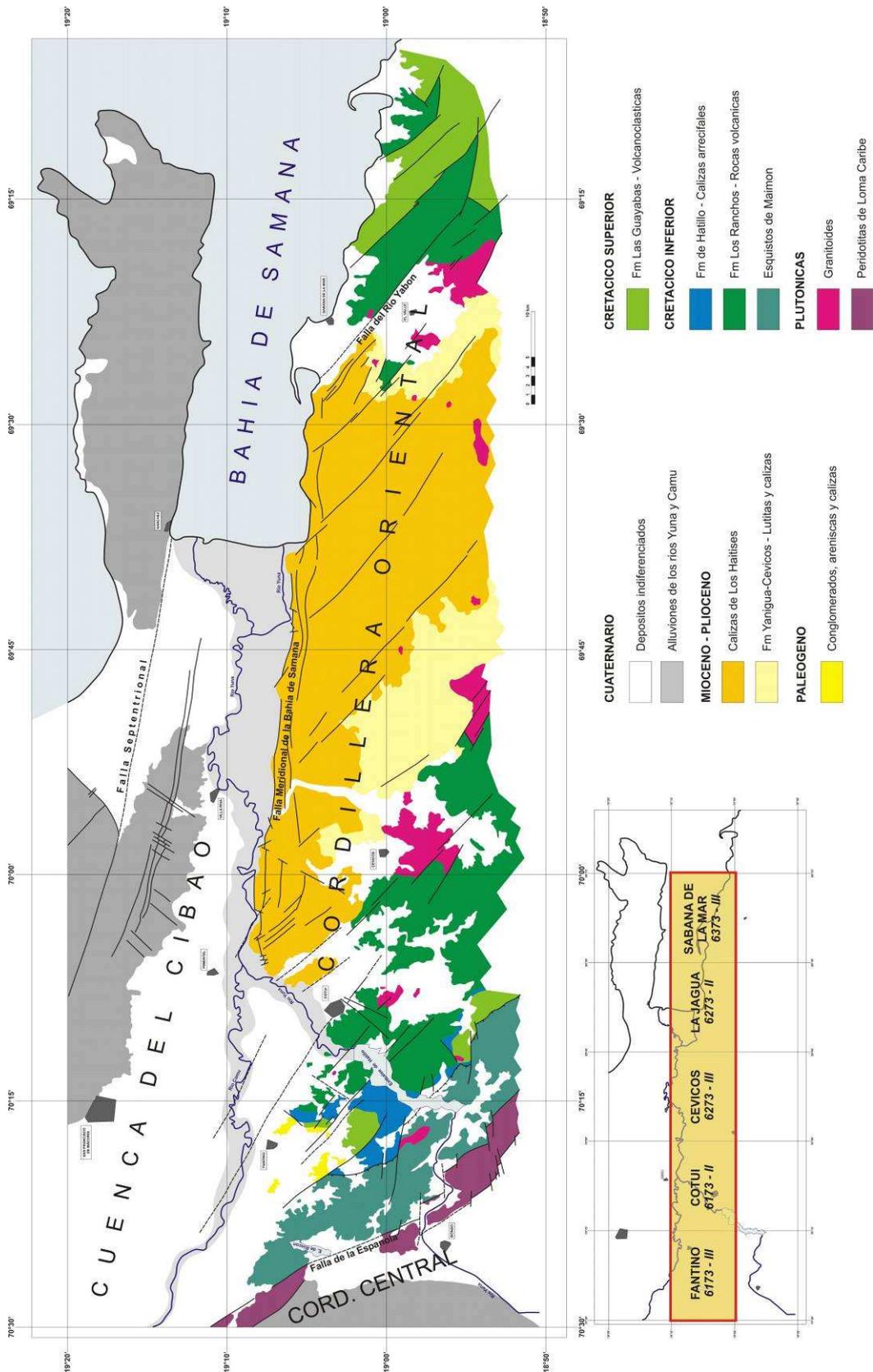


Figura 4: Mapa geológico del Norte de la Cordillera Oriental Dominicana.

## 2 ESTRATIGRAFÍA Y PETROGRAFÍA

La zona Sur de la Hoja de Cotuí está constituida por los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos, de edad Cretácico inferior. Las calizas de la Fm Hatillo aparecen en el cuadrante SO, en el borde occidental de la Presa de Hatillo. La zona es muy ondulada, y las laderas de las colinas están recubiertas de típicas arcillas rojas de abanicos de baja pendiente. La mitad oriental de la Hoja muestra una morfología tabular kárstica, característica de las calizas de los Haitises. Finalmente, el Norte y NE de la Hoja pertenece a la Cuenca del Cibao en la que se acumulan formaciones aluviales cuaternarias, principalmente alimentadas por los ríos Yuna y Camú.



**Foto 1: Desde el punto 44JM9259. En primer plano, colinas constituidas por las rocas volcánicas de la Fm Los Ranchos. En segundo plano, parte occidental de La Presa de Hatillo con un relieve más escarpado, formado por las Calizas de Hatillo.**



**Foto 2: Desde el punto 44JM9546. Las Calizas de Los Haitises con montículos (mogotes) de calizas y depresiones rellenas de arcilla roja generada por decalcificación.**



**Foto 3: Desde el punto 44JM9337. Valle aluvial del río Yuna, aguas abajo de la Presa de Hatillo. Al fondo, las estribaciones de la Cordillera Septentrional. Fotografía tomada pocos días tras la tormenta Noel (29 octubre 2007).**

## 2.1 ROCAS PLUTÓNICAS

### 2.1.1 Las intrusiones tonalíticas del Cretácico (1)

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

- Al Sur de la Hoja, a ambas partes de la carretera Cotuí-Maimon, en el sector de La Lechoza, La Cabirma (44JM9100, 44JM9389). Se tratan de prolongaciones Norte del batolito de Zambrana;
- Al NO de la Presa de Hatillo, al nivel de la zona de nacimiento del Arroyo Piedra. La zona de afloramiento es de tamaño muy modesto, y limitado a algunos bloques dispersos entre los pastos (44JM9265).

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



**Foto 4: Afl. 44JM9389. Tonalita del batolito de Zambrana. Facies de grano grueso de color claro.**

Estos cuerpos son intrusivos en los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos y engendran, en sus bordes, un metamorfismo de contacto de extensión e intensidad reducidos. A nivel cartográfico, estas facies no se han individualizado, porque están limitadas a la inmediata proximidad de los macizos tonalíticos intrusivos. Macroscópicamente, el efecto del metamorfismo sobre las facies de la Fm Los Ranchos se traduce en un oscurecimiento y silicificación de la roca. La roca toma el aspecto de una cuarcita muy fina o de un chert negro, con fractura concoidal o de esquirla; cristales milimétricos de pirita puntúan la roca. Este es el caso de las facies básicas cartografiadas en el contacto Norte del macizo de Zambrana, cerca de la Finca La Lechoza (44JM9397).

Los contactos con las rocas encajantes no son visibles en ninguna zona. Las tonalitas, más sensibles a la erosión, han generado ligeras depresiones topográficas. Las rocas encajantes parecen descansar de manera subhorizontal sobre las facies intrusivas; pero no es más que una suposición.

La facies de las tonalitas de Zambrana y del Arroyo La Piedra es extremadamente monótona. Se trata de una roca plutónica, de composición tonalítica, con plagioclasa, cuarzo y hornblenda como ferromagnesiano. Las texturas son isótropas, heterogranulares seriadas hasta el grano grueso. No se observan fábricas magmáticas ni deformativas. La roca está compuesta por un agregado de grandes granos de cuarzo y plagioclasa, microdominios ricos en pequeñas hornblendas, plagioclasa y opacos, y agregados de cuarzo de carácter intersticial (44JM9265, 44JM9389):

- el cuarzo forma grandes granos globosos de varios milímetros de diámetro, aunque gradúa seriadamente en el mismo, con extinción ondulante y bandas de subgranos, y agregados intersticiales limpios y libres de deformación;
- la plagioclasa forma prismas tabulares heterogranulares y agregados intercrecidos, de composición oligoclasa básica a albita, con zonado normal y oscilatorio, con inclusiones de pequeñas hornblendas y opacos, y recristalizada en parches y bordes a albita;
- el anfíbol es una hornblenda verde, poco pleocróica, que forma pequeños prismas entre subidío y alotriomorfos, y agregados de pequeños granos. Se observa inclusiones relictas de clinopiroxeno augítico. A la hornblenda se asocia la

plagioclasa y los opacos, formando microdominios más bien de tipo microenclave diorítico, donde el cuarzo aparece muy escaso e intersticial. El anfíbol aparece variablemente reemplazado por clorita, epidota, actinolita y opacos muy frecuentemente alterado a anfíbol secundario fibroso de tipo actinolita, con asociaciones de clorita-epidota.

### **2.1.2 Afloramiento de microgabro o dolerita isotropa (2)**

En algunos puntos de la Fm Los Ranchos, existen facies de rocas granulares a microgranulares, de color verde oscuro, y de textura isótropa. Esta facies se ha unido bajo la misma entidad cartográfica, formada por diques y de pequeños stocks intrusivos de talla moderada, que pueden ser atribuidas al plutonismo Cretácico Superior, como conocemos de las Hojas de Sabana Grande de Boya y Monte Plata.

#### **2.1.2.1 Diques de rocas básicas**

Varios diques de roca básica afloran en el talud del camino que sigue la rivera oriental del Embalse de Hatillo y une el muro de la Presa con la carretera Cotuí-Maimón. Son filones de potencia decimétrica a métrica, que cortan las rocas volcánicas de la Fm Los Ranchos. Presentan una estructura perfectamente simétrica, con la parte central formada por una roca microgranuda verde con textura de tipo dolerita-diabasa, y en las costados, una facies claramente orientada, de color mucho más claro. No se pudo obtener ninguna muestra bastante fresca para el examen microscópico y la determinación litológica precisa.

#### **2.1.2.2 Pequeños domos de microgabro o dolerita isótropa**

El afloramiento (44JM9456) más característico está localizado en el camino que, de la carretera Cotuí-La Cueva, conduce a la empresa Promi, en el límite SE de la Hoja. Aparecen como bolas de microgabro, de color gris verde oscuro a verde amarillo, de grano medio, y textura granuda isótropa. Presenta una característica alteración verde, clorítico-epidótica, bastante pervasiva.

Las observaciones microscópicas indican que la roca está compuesta por un entramado de prismas entrecruzados de plagioclasas, en cuyos huecos se alojan el orto, el clinopiroxeno y los opacos. Las plagioclasas son de idiomorfias a xenomorfias, con un ligero zonado

oscilatorio, y aparecen entrecrecidas e interpenetradas. Están variablemente reemplazadas pseudomórficamente por minerales secundarios, particularmente por prehnita y albita. Los ferromagnesianos son clinopiroxeno y ortopiroxeno (menos abundante), de subidio- a xenomorfos, que forman prismas de tamaños seriadados, algunos de claro mayor tamaño que las plagioclasas, pero otros son pequeños y claramente intersticiales. Están variablemente reemplazados pseudo-mórficamente por agregados de epidota, clorita, pumpellita y opacos. La magnetita-ilmenita es abundante como placas y granos dispersos, apareciendo variablemente oxidada. Se superpone una alteración hidrotermal de moderada intensidad, que origina los reemplazamientos pseudomórficos descritos. La alteración forma también parches amarillo-verdosos y otros más oscuros, constituidos por agregados de clorita, actinolita, sericita microcristalina, prehnita y opacos.

## 2.2 LA FM LOS RANCHOS - CRETÁCICO INFERIOR

### 2.2.1 Introducción

La Fm Los Ranchos constituye una franja volcano-sedimentaria, definida inicialmente por Bowin C. (1966) en los alrededores del célebre yacimiento de oro de Pueblo Viejo (1) del que constituye su roca encajante. Representa una serie volcánica de arco insular "primitivo" atribuido al Cretácico Inferior (Kesler S.E. *et al*, 1991; Mann P. *et al*, 1991; Escuder Viruete J. *et al*, 2006; Escuder Viruete J. *et al*, 2007). Está débilmente metamorfizada (facies pumpelita-prehnita), y localmente, es instruida por batolitos de composición tonalítica, emplazados al final del Cretácico Inferior y durante el Cretácico Superior (100-80 Ma).

A la escala de la Cordillera Oriental, la zona de afloramientos de la Fm Los Ranchos dibuja toscamente la forma de una media luna curvada hacia el Norte. Sus dimensiones son de alrededor de 100 km de largo por 10-15 km de ancho. Hacia el Oeste, en la región de Cevicos y Cotuí, desaparece bajo el cabalgamiento de Hatillo. Al Este, en la región de El Valle y Sabana de la Mar, se hunde hacia el Norte, antes de interrumpirse en la falla de desgarre "río Yabon". Hacia el Norte queda en parte oculta por la cobertura sedimentaria plio-pleistoceno de los Haitises. Hacia el Sur se encuentra recubierta por la Fm Caliza de Hatillo (Albanio), o directamente por las turbiditas de la Fm Las Guayabas (Cretácico

---

1 Pueblo Viejo es un yacimiento epitermal de alta sulfuración de Au-Ag. Entre 1975 y 2000, la explotación de la parte oxidada del yacimiento produjo cerca de 5,5 Moz (170 t) de oro y 25 Moz (780 t) de plata. En cuanto a la parte sulfurada los cálculos más recientes nos llevan a reservas de 250 Mt @ 2,8 g/t Au y 13.4 g/t Ag, o sea, cerca de 23 Moz (700 t) de oro y más de 100 Moz (3350 t) de plata. Por sus pasadas producciones, así como por el estado de sus reservas, Pueblo Viejo se considera como uno de los más importantes yacimientos de oro y plata del mundo.

Superior), incluso hasta por los recubrimientos cuaternarios de la Planicie Costera del Mar Caribe.

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

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

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

Recientemente, los trabajos de Nelson C.E. (2000) vienen a contradecir la aparente simplicidad de esta organización estratificada. En efecto, la cartografía detallada a la escala del distrito minero y la interpretación de numerosos sondeos realizados en el yacimiento de Pueblo Viejo, condujeron a Nelson C.E. a considerar la existencia de tres facies principales más o menos sincrónicas, que se interdigitan a escala del yacimiento imposibilitando la correlación de estratigrafía. En el seno de la Formación, Nelson C.E. distinguió:

- rocas volcánicas de composición andesítica, incluyendo lavas, piroclastos e intrusivos;
- un conjunto de rocas epiclástitas, con brechas gruesas, tobas medias y finas; la facies más gruesa corresponde al Miembro Meladito, la más fina al Miembro Pueblo Viejo;
- rocas volcánicas ácidas de composición dacítica, con intrusivos y productos piroclásticos.

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

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

#### 2.2.1.2 La Formación Los Ranchos en la Cordillera Oriental

En el marco del Proyecto L del programa SYSMIN 2002-2004, la Fm Los Ranchos ha sido reconocida y cartografiada en las Hojas de Sabana Grande de Boyá, Monte Plata, Antón Sánchez, Bayaguana, El Valle, Hato Mayor del Rey y Miches (Hernáiz Huerta P.P *et al*, 2004; García-Senz J. *et al*, 2004; Díaz de Neira J.A. *et al*, 2004; Monthel J. *et al*, 2004).

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

- un Miembro Inferior, reconocido principalmente en las Hojas de Sabana Grande y de El Valle, compuesto principalmente de brechas piroclásticas poligénicas en las cuales se intercalan frecuentes niveles de lavas básicas (basaltos, menos frecuentemente andesitas), así como horizontes volcanoclásticos finos, bien estratificados. Las brechas que afloran, generalmente en bolos de varios metros de diámetro, son de

muy variada granulometría, textura y composición. La potencia de este conjunto es superior a 1500 m. El muro no es conocido, pues las zonas más profundas están en contacto con las intrusiones tonalíticas.

- un Miembro Intermedio, bien individualizado en las Hojas de Sabana Grande, Bayaguana, Antón Sánchez, y en menor medida en las de Hato Mayor y El Valle. Está compuesto por lavas ácidas, dacíticas y riódacíticas, a las que se asocian productos piroclásticos tobáceos y epiclastitas, predominantemente ácidos. Esta unidad, es de espesor variable según los sectores. Lenticular en la Hoja de El Valle, puede alcanzar más de 1000 m en ciertas zonas de las Hojas de Sabana Grande y Bayaguana. Es muy característica dada la naturaleza y el color de las rocas que la componen, generalmente de tonos beige-amarillentos a rosáceos. También presenta una cobertura vegetal muy particular producto de la riqueza silíceo de las rocas que la componen.
- un Miembro Superior compuesto por productos piroclásticos andesíticos, principalmente brechas y aglomerados monogénicos, pero también con intervalos masivos más o menos importantes de andesitas y de basaltos porfídicos. Estos últimos están bien definidos en la Hoja de Bayaguana (El Pan de Azúcar), así como en la Hoja de Hato Mayor y en el ángulo SE de la Hoja de El Valle, justo bajo la cobertura discordante de la Formación Caliza de Hatillo.

Los trabajos de laboratorio (estudios petrográficos, litogeoquímicas, dataciones, etc) tras los trabajos de campo, han sido objeto recientemente de un artículo de síntesis sobre la génesis de la Fm Los Ranchos (Escuder Viruete J. *et al*, 2007). Los estudios han mostrado que las rocas máficas de la Fm incluyen boninitas y basaltos toleíticos de arco isla empobrecidos en LREE en el miembro inferior; toleitas de arco isla normales en el miembro superior. La fuente para estas rocas fue un manto variablemente empobrecido, con una componente subductiva superpuesta. Las edades Aptiano U-Pb en zircones de riódacitas de la unidad intermedia (116,0  $\pm$  0,8 Ma) y de tonalitas del batolito de Zambrana (115,5  $\pm$  0,3 Ma) contemporáneas, de características geoquímicas equivalentes, permite establecer una relación genética entre las rocas volcánicas ácidas de la Fm Los Ranchos y el voluminoso plutonismo tonalítico que intruye los niveles estratigráficos más bajos. Las riolitas pobres en K y los batolitos tonalíticos son interpretados como producto de la fisión secundaria de la base del arco. Las edades de plateau  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de horblenda en cuatro batolitos tonalíticos

son Albianos (109-106 Ma) e interpretadas como de su enfriamiento final post-emplazamiento, previo a la sedimentación Albiano de las calizas de la Fm Hatillo. En este contexto, las boninitas y toleitas de arco isla empobrecidas de la unidad inferior fueron generadas durante la iniciación de la zona de subducción; las toleitas normales de la unidad superior representan la posterior estabilización del frente volcánico.

### **2.2.2 La Fm Los Ranchos en la Hoja de Cotuí**

La superficie cubierta por la Fm Los Ranchos es importante y representa cerca de un tercio del territorio de la Hoja Cotuí. Sin embargo, la alteración de las rocas a causa de las condiciones climáticas tropicales y la naturaleza discontinua de los afloramientos impiden ver bien las relaciones y la disposición de las diferentes facies que componen la formación.

La cartografía de la formación se realizó por facies; cinco facies principales fueron distinguidas esencialmente por criterios de campo (examen de muestra de mano):

- facies predominantemente basáltica, compuesta principalmente por coladas;
- facies volcanoclásticas finas (epiclásticas), caracterizadas por la presencia de capas y/o estratificación bien definida;
- facies de composición ácida, incluyendo coladas, intrusiones de riolitas, riolitas y dacitas. La presencia de cuarzo globular y el color generalmente claro son otros de los criterios distintivos de estas rocas;
- facies intermedias, de composición andesítica, rica en cristales tabulares de feldespato blanco;
- finalmente se han distinguido los afloramientos de megabrechas volcanoclásticas y piroclásticas que han sido descritos en algunos sectores.

La distinción de estas facies se basa en las observaciones de campo y en los trabajos anteriores sobre la Formación:

- Las facies más profundas de la columna son basaltos, con estructuras de lava almohadillada (pillow-lavas) en algunas zonas. Las facies ácidas, en coladas y protusiones, y la mayoría de las epiclásticas, constituyen globalmente un miembro intermedio que presenta numerosas variaciones de facies y potencia. Finalmente, las facies superiores, como las que cubren la Loma de Quita Sueño al SO de Cotuí, se corresponden nuevamente con las facies basálticas.
  
- De otro modo, el resultado de esta cartografía por facies muestra evidencias similares a las descritas en Pueblo Viejo por Nelson C.E. (2000), con la existencia de domos volcánicos. Es más, la base general de la Fm Los Ranchos está constituido por facies basálticas; éstas son particularmente claras y visibles al SO de Cotuí, además de en las laderas de la Loma de Los Mameyejos en el cuadrante SE de la Hoja. La distribución de facies riolíticas y riodacíticas en domos, son intrusivos en los basaltos anteriores. La existencia de paleovolcanes se ve reforzada por la presencia de facies andesíticas que constituyen una corona más o menos regular alrededor de las facies ácidas. Ese es el caso de la protusión acida de La Mata de La Gallina, al SE de la Hoja. Otro elemento de comparación con la región de Pueblo Viejo es posible con la distribución de rocas epiclásticas situadas en la ribera occidental del Embalse de Hatillo. Constatamos que en esta zona existe una gruesa cobertera de rocas epiclásticas ácidas que separan la Fm Los Ranchos de las calizas de la Fm Calizas de Hatillo. Estas rocas epiclásticas implican un equivalente lateral de un importante domo con núcleo de brechas y coladas riolíticas.

#### 2.2.2.1 Fm Los Ranchos. Rocas volcánicas de composición basáltica, incluyen flujos de lavas submarinas (3). Cretácico Inferior. K<sub>1</sub>

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

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

Entre las rocas no alteradas, se distinguió un cierto número de facies características, cuyo estudio fue completado mediante examen microscópico. En esta unidad cartográfica, las principales facies observadas son basaltos de textura afanítica vacuolar, basaltos microporfídicos con fenocristales de plagioclasa y piroxeno y lavas con estructura almohadillada (pillow-lavas).



**Foto 5: Afl. 44JM9090. Diques de basaltos bandeados, subverticales, que atraviesan coladas basálticas subhorizontales.**

#### ***2.2.2.1.1 Basalto de textura afanítica vacuolar***

El afloramiento tipo es una pequeña cantera, muy cerca del pueblo de Los Callejones al S de la Hoja. (44JM9368).



**Foto 6: Afl. 44JM9127. Basalto con textura vacuolar.**

Este afloramiento es una colada de potencia métrica, interestratificada en las facies de brecha piroclástica. En lámina delgada, la roca está compuesta por un agregado mesostásico de grano muy fino, de textura fluidal, definida por microfenoblastos de plagioclasa. Las plagioclasas son microprismas tabulares idio- a subidiomorfos, con macla simple, en general reemplazadas por la alteración secundaria a agregados de albita, epidota amarilla, zeolitas y sericita. Los restos de microfenocristales de piroxeno y/o anfíbol están constituidos por agregados de epidota+titanita+clorita+prehnita+opacos. El entramado de microfenoblastos que forman define una fábrica planar magmática o fluidal en la lava. Los microfenoblastos de plagioclasa se destacan sobre un material micro y criptocristalino que resulta de la desestabilización del vidrio volcánico. Este material está reemplazado en parches por agregados de sericita, clorita, albita, prehnita, óxidos de Fe-Ti y opacos. La alteración tardi-magmática secundaria da lugar al relleno de vesículas y reemplazamientos por calcita, epidota, prehnita, sericita y óxidos de Fe.

### ***2.2.2.1.2 Basalto de textura microporfídica, con fenocristales de plagioclasa y piroxeno***

Es una roca de color verde a verde-azul, dura y compacta, con fenocristales milimétricos (<4 mm) de plagioclasa (10-25%) de tonos gris blanquecinos y de ferromagnesianos (<15-20%) de color negro y más o menos aciculares, dentro de una abundante matriz o mesostasia de textura de interseccional moderadamente afectada por alteración hidrotermal.

En lamina delgada (44JM9469), se observan agregados glomeroporfídicos y porfídicos de fenocristales idio- y subidiomorfos de plagioclasa y piroxeno, y mesostasia microcristalina. Las plagioclasas son modalmente muy abundantes, con formas tabulares y alargadas, de subidio- a idiomorfos, y aparecen también como agregados en rosetas y glomeroporfídicos. Presentan un débil zonado oscilatorio, pero están profundamente reemplazadas pseudomórficamente por minerales secundarios, en particular parches de prenhita. El clinopiroxeno es una augita maclada, con zonado oscilatorio, y el ortopiroxeno es incoloro, poco pleocroico. Ambos aparecen intercrecidos y en agregados glomeroporfídicos, con inclusiones mutuas, de plagioclasa, de olivino ( $\zeta$ ), espinela, gotas de fundido y opacos. No se observa olivino como fenocristal. Están reemplazados pseudomórficamente por clorita y opacos. La mesostasia es microcristalina, y está constituida por pequeños microfenoblastos en tabletas de plagioclasa, ferromagnesianos cloritizados que crecieron entre los huecos, y agregados dispersos de magnetita/ilmenita, resultando en sectores abundantes. La mesostasia está intensamente reemplazada por la alteración hidrotermal a agregados de: sericita-illita, clorita, titanita, epidota y albita.

### ***2.2.2.1.3 Lava básica hidrotermalizada con estructura almohadillada ("pillow-lavas")***

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

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



**Foto 7: Afl. 44JM9093. Basalto con estructura de lava almohadillada (pillow-lava).**

Hay varios de estos afloramientos en la periferia de Cotuí. Un ejemplo es el afloramiento 44JM9093. Se trata de un basálto afanítico, de color pardo-verde oscuro, grano fino, de textura granuda, y sin fábricas magmáticas. Presenta una característica pervasiva alteración verde, clorítico-epidótica, y especialmente también a lo largo de un sistema de fracturas con rellenos de epidota. En lámina delgada, La roca está compuesta por un entramado de microfenoblastos de plagioclasa, sin que su orientación preferente defina alguna patente fábrica magmática de flujo, en cuyos huecos se alojan los ferromagnesianos pseudomorfizados, la magnetita variablemente oxidada, y pasta desvitrificada. Los microfenocristales son de plagioclasas de idio- a subidiomorfos, muy alargados, aciculares, y de prismas de ferromagnesianos, en general de menor tamaño, posiblemente de clinopiroxeno y ortopiroxeno entre subidio- y xenomorfos. Estos piroxenos están casi completamente reemplazados pseudomórficamente por agregados de epidota, clorita, pumpellita y opacos. Se superpone una alteración hidrotermal de moderada a intensa, que origina el reemplazamiento pseudomórfico de los piroxenos descrito; la albitización, epidotización y sericitización de las plagioclasas; y la opaquización de una parte de la mesostasia. La alteración, además de los rellenos de las venas, forma también parches amarillo-verdosos y otros más oscuros, constituidos por agregados de clorita, sericita microcristalina, prehnita y opacos. Esto recuerda una alteración de tipo espilítica.

#### 2.2.2.2 Fm Los Ranchos. Rocas volcanoclásticas bien estratificadas (4). Cretácico Inferior. K<sub>1</sub>

Varios niveles de rocas volcanoclásticas han sido reconocidos en el territorio de la Hoja de Cotuí. Se componen por niveles estratigráficos variables y lenticulares. A nivel cartográfico, han sido representados con la misma figura.

Hay dos localidades con afloramientos importantes por potencia y extensión:

- La primera está situada en la interfase con el sustrato basáltico de Cotuí y las formaciones ácidas de la Loma de Quita Sueño. Los afloramientos más espectaculares son visibles en el arroyo Capacho, al SO de Cotuí. El nivel continua hacia el SE justo hasta la carretera de Maimón-Cotuí; es también visible en la zona del arroyo Hoyo.
- La segunda aflora en el cuadrante SO de la Hoja, en la ribera Oeste del Embalse de Hatillo. Está localizada a techo de la Fm Los Ranchos, justo hasta el límite de erosión de la Fm Caliza de Hatillo. A diferencia del nivel previo, se localiza en la zona superior de las facies volcánicas ácidas de la formación.

Debido a su origen volcanosedimentario, estas facies presentan una clara estructuración en la que se puede medir fácilmente la dirección y el buzamiento. Están compuestas por alternancias de bancos de espesor centimétrico a decimétrico, con estratificación plana y regular. Los bancos, de color claro, están silicificados, fracturados en esquila, con un bandeado milimétrico discreto. Corresponden a una acumulación de restos piroclásticos cuarzosos finos. Están separados por intercalaciones poco consolidadas, más sensibles a la alteración meteórica, en las que se puede observar la presencia de fragmentos angulosos centimétricos, poligénicos, mal cementados por una matriz arcillosa. Son microbrechas y grauvacas con fragmentos líticos. No resulta excepcional la presencia de limosos-pelita, en lechos y niveles centimétricos de color verde-claro.

Un examen microscópico de detalle sería necesario con el fin de precisar el origen.

### ***2.2.2.2.1 Toba riolítica laminada***

La muestra 44JM9060 corresponde a una **toba riolítica laminada**, de grano fino a grueso. El tamaño de grano de las partículas es menor de 4 mm, generalmente entre 0,1 y 2 mm, por lo que se trataría de una toba gruesa a toba fina, cristal-lítica. Los granos son fragmentos angulosos y redondeados de rocas volcánicas ácidas microporfídicas, afaníticas, de vidrio volcánico (desvitrificado), y de fenocristales enteros y rotos. Los granos están bien seleccionados y ordenados en función del tamaño de grano en capas milimétricas subparalelas, definiendo una laminación paralela (de caída). El aplastamiento y la recristalización ha dado lugar a la difuminación de los bordes de grano. Los fenocristales son generalmente submilimétricos de plagioclasas tabulares con macla simple y de cuarzo idio- a subidiomorfo. La plagioclasa es de composición rica en Na (oligoclasa-albita), la cual presenta un borde albitico. Ésta reemplazada a un agregado de sericita (anubarrada), albita, epidota y pumpellita. El cuarzo forma grandes cristales subidiomorfos de bordes redondeados, en parte reaccionales (golfos de corrosión), con inclusiones de sericita. La matriz está recristalizada y consiste en un agregado micro a criptocristalino de albita, cuarzo, sericita-illita, clorita, epidota óxidos de Fe y opacos, sobre el que se destacan algunos microfenocristales de plagioclasa.



**Foto 8: Afl. 44JM9656. Toba piroclástica con pequeños lapillis que resaltan por acción de la meteorización diferencial.**

### ***2.2.2.2 Roca volcánica re TRABAJADA***

La muestra 44JM9508 es una **roca volcánica re TRABAJADA**, de composición general cuarzo-feldespática, cohesiva, con clastos subangulosos de tamaño grueso (1-5 mm diámetro), clasificable como una **arenisca tufácea o microconglomerado tufáceo**. También podría ser una toba gruesa riodacítica con un transporte mínimo. Los clastos están relativamente bien empaquetados, poco seleccionados en un rango de tamaños gruesos, fundamentalmente de naturaleza lítica poligénica, en una muy poco abundante matriz cuarzo-feldespática (en parte epimatriz). Los fragmentos son de rocas volcánicas microporfídicas de composición riodacítica a riolítica, clastos de fenocristales de plagioclasa, cuarzo y, de ferromagnesianos cloritizados (y aplastados por compactación), escasos de vidrio félsico desvitrificado, de chert volcanogénico, y de opacos dispersos. Los clastos están groseramente alargados paralelamente según su dimensión mayor, resultado de los procesos volcano-sedimentarios de re trabajo. La proporción de fragmentos de roca es mayor que la de cristales. Los alteración sin- a tardimagmática afecta desigualmente a los clastos. La matriz entre los fragmentos es muy escasa y está definida por un agregado de micro- a criptocristalino recristalizado, de composición félsica, en parte resultado de la destrucción de fragmentos volcánico durante la diagénesis. Hay formación tardía de clorita, sericita y calcita.



**Foto 9: Afl. 44JM9354. Sucesión de capas decimétricas de rocas epiclásticas ácidas.**

### 2.2.2.3 Fm Los Ranchos. Rocas volcánicas de composición riolítica, incluyen lavas e intrusiones (5). Cretácico Inferior. K<sub>1</sub>

A escala de la Hoja, las zonas de afloramiento de rocas volcánicas ácidas de la Fm Los Ranchos son relativamente abundantes en comparación con las contenidas en otros sectores de la Cordillera Oriental:

- Al Oeste de Cotuí, las rocas volcánicas ácidas afloran en continuo a lo largo de la carretera que conduce a la base de la Presa de Hatillo, tras el barrio de Quita Sueño. Por otro lado, todo el flanco NE de la Loma de Quita Sueño está compuesta por las mismas facies ácidas.
- En la esquina Oeste de la Hoja, se localizan igualmente formaciones volcánicas riolíticas que forman gran parte de las colinas Meladito, Los Corozos y Guamita.
- Al Este de Cotuí, al Sur de la carretera que conduce a Cueva, las rocas volcánicas ácidas afloran en la cima de las pequeñas colinas de Sabana de la Ceiba y La Mata de la Gallina.

Las facies que componen esta unidad cartográfica comprenden coladas y protusiones de riolitas de textura porfídica con fenocristales de cuarzo y plagioclasa, pero también brechas piroclásticas afectadas por alteración hidrotermal.

#### ***2.2.2.3.1 Riolita, riodacita y dacita porfídica***

La facies más común es la riolita porfídica. La cantera a las afueras de Quita Sueño, frente a Cabaña María, permite describir las muestras características de esta facies. La muestra 44JM9001 es una roca de tonos verde claros o verde-azulados, masiva y homogénea, con fenocristales de plagioclasa (20-30%, en tabletas mm), y fundamentalmente de cuarzo (10-15%, 0,5 a 4 mm), destacados en una pasta o mesostasia afanítica verde con microlitones. Hay un 2-3% de pirita submilimétrica. Al microscopio se distinguen fenocristales milimétricos de cuarzo idio- y alotriomorfo y, menos abundantemente, de plagioclasa de subidio- a alotriomorfos, las cuales aparecen tanto como cristales individuales como formando microagregados en sinneusis. Ambos tipos de fenocristales han, en general, desarrollado texturas que evidencian un desequilibrio cristal-fundido en el momento de la cristalización,

como bordes de reacción, golfos de corrosión, bordes de grano subredondeados por reabsorción, etc. Las plagioclasas poseen zonados simples y oscilatorios complejos, y están variablemente albitizadas, epidotizadas y sericitizadas zonalmente. El cuarzo forma abundantes cristales xenomorfos con bordes corroidos de hasta 6 mm de diámetro. No se observan minerales ferromagnesianos. La mesostasia o matriz está formada por un agregado que ha desarrollado texturas esferulíticas y de desvitrificación de la pasta volcánica. Los minerales secundarios consisten en albita, epidota, sericita, clorita, pumpellita, cuarzo y óxidos de Fe-Ti, que ha veces se localizan en planos de aplastamiento y/o disolución.



**Foto 10: Afl. 44JM9116. Riolita porfídica con cuarzo plurimilimétrico, de sección hexagonal, destacando por la acción de la alteración.**



**Foto 11: Afl. 44JM9111. Brecha piroclástica riódacítica. Véase el aspecto escoriáceo de la pátina de alteración y el color claro de la roca.**

#### ***2.2.2.3.2 Brechas piroclásticas ácidas hidrotermalizadas***

El núcleo de la Loma de Quita Sueño (44JM9191), y también algunos sitios de la Loma Guamita (44JM9264) y La Amarga (44JM9111), están conformados por un conjunto de rocas ácidas silicificadas y piritizadas, de tonos claros, con fragmentos y cristales <1 mm de cuarzo gris marrón, algunos fragmentos milimétricos claros de sílice opalescente y una fuerte impregnación de pirita en granos submilimétricos. Tiene un aspecto de escoria, con pátina de óxido.

El afloramiento presenta una estructura caótica, brechoide, donde es difícil identificar el contorno de los elementos que se confunden con la matriz. Predomina la sílice, con cristales y clastos milimétricos, pero sobre todo en impregnación, lo que confiere a la roca un aspecto poroso, escoriáceo, bien destacado por el juego de la alteración meteórica. La pirita está presente en agregados xenomorfos y en cristales sub-automorfos inframilimétricos. Su alteración es al origen de las pátinas superficiales de color ocre-amarilla- herrumbrosa.



**Foto 12: Afl. 44JM9191. Brechas piroclásticas ácidas afectadas por alteración hidrotermal.**

La observación microscópica confirma que es una roca volcánica/subvolcánica ácida, de composición riódacítica a riolítica (no se observa feldespato-K), masiva, de grano fino medio, sin ferromagnesianos visibles, con abundante pirita brechoide, afectada en grado intenso por un proceso de alteración/metamorfismo hidrotermal. No es una roca fragmentaria, la roca preserva texturas granudas tendentes a porfídica y es producto de la cristalización de un magma ácido, posiblemente en condiciones subvolcánicas. Está compuesta por un agregado de plagioclasas tabulares, de idio- a subidiomorfos, agregados de cuarzo muy recrystalizado por procesos superpuestos de silicificación, y abundantes cubos idiomorfos de pirita diseminada. La plagioclasa también forma cristales y agregados de mayor tamaño, posiblemente fenocristales recrystalizados. El cuarzo constituye granos mono y policristalinos, y un agregado de material micro- y criptocristalino recrystalizado y posiblemente desvitrificado, que reemplaza a fases previas, junto a clorita y sericita micro- y criptocristalina. La alteración ha originado el reemplazamiento de los ferromagnesianos ( $\zeta$ ) a agregados de epidota, sericita, clorita y opacos; la albitización, epidotización y sericitización de plagioclasas; cristalización y relleno de cuarzo; y la opaquización de la pirita y la mesostasia.

Estos depósitos representan acumulaciones volcánicas de composición ácida, del tipo brecha de explosión, brecha de colapso de domos, brecha de nube ardiente, etc, concentradas en la periferia de centros eruptivos. Probablemente hidrotermalizadas, silicificadas como resultado de procesos contemporáneos o ligeramente tardíos en relación a su emplazamiento.

#### 2.2.2.4 Fm Los Ranchos. Rocas volcánicas de composición andesítica (6). Cretácico Inferior. K<sub>1</sub>

Las facies andesíticas afloran principalmente:

- En el flanco SE de la Loma Quita Sueño; estos son particularmente visibles en el cauce de arroyo Benito y en las colinas al SE del arroyo de San Blas;
- En el núcleo Norte de la Loma Media Clara, a ambos lados del arroyo Café;
- En corona alrededor de las lomas de La Mata de la Gallina y Sabana de la Ceiba, al Sur de la carretera Cotuí – La Cueva.



**Foto 13: Afl. 44JM9039. Andesita porfídica. Los cristales y clastos de plagioclasa destacan en la roca y le confieren una textura característica.**

Esta unidad constituye un grupo muy homogéneo, de aspecto intrusivo, fuertemente diaclasado, de color gris claro a azul pálido. Se caracteriza por la presencia de más de 20% de fenocristales tabulares prulimilimétricos de plagioclasa blanca, distinguibles en muestra de mano. Destaca la presencia local poco abundante de pequeños cristales de cuarzo, de talla inframilimétrica, lo que le confiere a esta facies una afinidad ácida, próxima a dacitas-riolitas. La facies es sensible a la alteración supergénica. Esto provoca una arcillización de la matriz y de los fenocristales de plagioclasa, que genera una arena suelta que puede compararse a la desarrollada en los granitoides.

Las observaciones microscópicas (44JM9671) indican que es una roca volcánica/subvolcánica, de composición intermedia, andesítica, de textura porfídica, con fenocristales de esencialmente plagioclasa y anfíbol, y muy subordinadamente cuarzo, y pasta o matriz de micro a criptocristalina de composición cuarzo-feldespática. Los fenocristales de plagioclasa son milimétricos (0.5-8 mm), inequigranulares seriados, generalmente idiomorfos, que aparecen formando tanto cristales individuales como microagregados en sinneusis. Las plagioclasas poseen zonados simples y oscilatorios complejos, y están variablemente transformadas zonalmente a epidota, prenhita, sericita, albita y cuarzo. Los fenocristales de anfíbol son de idio- a subidiomorfos, de 0.5-1.5 mm de longitud, zonados, de composición hornblenda, casi completamente reemplazados por epidota, clorita, sericita y opacos. El cuarzo forma escasos fenocristales de subidiomorfos y xenomorfos, con bordes corroidos de hasta 2 mm de diámetro. La mesostasia o matriz está formada por un agregado microcristalino de tabletas de plagioclasa, pseudoformos de ferromagnesianos completamente cloritizados, agregados de cuarzo y quizá microfenocristales de sanidina (Kfs), bastante microcristalino y en el que no se observan fluidalidades. Los minerales secundarios consisten en albita, epidota, sericita, clorita, prenhita, cuarzo y óxidos de Fe-Ti, generalmente pseudomorfizando a los fenocristales.

#### 2.2.2.5 Fm Los Ranchos. Brechas volcanoclásticas de composición básica a intermedia (7). Cretácico Inferior. K<sub>1</sub>

Varios afloramientos se han individualizado y cartografiado bajo la denominación de brechas volcano-clásticas. Se presentan en general bajo la forma de bloques plurimétricos dispersos en las parte alta o en los flancos de los principales relieves. Se trata de brechas con fragmentos de rocas, volcánicas en su mayoría, cementadas por materiales más finos. Sin

embargo, existen varios tipos que difieren por su aspecto y origen de los que se dan algunos ejemplos.

#### ***2.2.2.5.1 Brechas piroclásticas poligénicas, con elementos angulosos más o menos gruesos y matriz volcánica***

Se trata de una facies frecuente. Los mejores afloramientos están localizados al SE de la Hoja en la región de Loma de Los Ramírez (44JM9453) y de la Loma de los Mameyejos (44JM9450), o en el flanco Sur de la Loma Quita Sueño, cerca del indicio de La Lechoza (44JM9156).



**Foto 14: Afl. 44JM9450. Brechas piroclásticas de bloques y fragmentos angulosos de naturaleza poligénica y de tamaño heterogéneo, con matriz volcánica.**

Se presentan en general como gruesos bloques rodados. Es una roca masiva, sin trazo de estratificación ni de granoclasificación. La granulometría es heterogénea, la roca se compone de bloques y fragmentos de talla muy variable, milimétrica a pluridecimétrica. Estos elementos son angulosos y no están soldados; son poligénicos y están compuestos por fragmentos de roca volcánica: lava porfídica, lava con textura microlítica vacuolar, brechas piroclásticas, etc. La presencia de clastos monominerales es frecuente: cristales de

plagioclasas y/o de cuarzo. La matriz es de origen volcánico y se trata de un vidrio o de una lava afanítica y/o microlítica.

#### ***2.2.2.5.2 Brechas piroclásticas basálticas, cuyos elementos y la matriz son de igual naturaleza***

En varios sitios de la Hoja (flanco SO y S de la Loma Quita Sueno, 44JM9023; Sabana de la Ceiba, 44JM9409; Sabana Grande Arriba, 44JM9432), se observan brechas de lavas con vesículas de composición basáltica y/o andesítica, englobando y contorneando fragmentos de lavas, de igual naturaleza y habito que la matriz. La alteración meteórica pone de relieve los elementos; tienen el tamaño de un puño, algunas veces soldados, y otras dispersos en la matriz; son angulosos, pero su contorno está suavizado. Esta facies recuerda a la de lava autobrechoides; puede tratarse de un aglomerado de elementos volcánicos o de una brecha piroclástica de explosión cuyos elementos y matriz son contemporáneos y de igual naturaleza.



**Foto 15: Afl. 44JM9409. Brecha monogénica con fragmentos de basalto vesiculado en una matriz de igual naturaleza. Posible techo de colada de lava autobrechificada y escoriácea.**

Las observaciones microscópicas (44JM9023) indican que se trata de una roca volcánica brechoide, con fragmentos de tamaño canto (entre 2 y 64 mm diámetro), de composición general basáltica, de matriz afanítica, afectada en grado intenso por un proceso de alteración submarina espilitica (alteración/metamorfismo hidrotermal por aguas de procedencia marina). Los fragmentos son de basaltos generalmente porfídicos, también afaníticos y vesiculares. Los fenocristales son prismáticos y de plagioclasa, de idio- a subidiomorfa, que también forman en ocasiones agregados en sineusis. Se observan xenocristales de olivino ( $\zeta$ ), de clinopiroxeno subidiomorfo, y posiblemente de ortopiroxenos (menos abundante), asociados a los fenocristales de plagioclasa. Estas rocas se pueden clasificar como toleitas piroxénicas u olivino-piroxénicas. La matriz está definida por microfenoblastos de plagioclasas y escasos piroxenos, que se destacan sobre un material microcristalino y criptocristalino bastante opaco (posiblemente desvitrificado) y reemplazado por clorita-sericita micro y criptocristalina. La alteración espilitica origina el reemplazamiento de los ferromagnesianos a agregados de epidota, sericita, clorita y opacos; la albitización, epidotización y sericitización de plagioclasas; cristalización y relleno de cuarzo; y la opaquización de la mesostasia. La espilitización rellena los huecos de la lava (amigdalas) por agregados y parches de clorita, calcita y pumpellita, frecuentemente como agregados verdes fibroso-radiales drúsicos.

#### ***2.2.2.5.3 Brechas de elementos poligénicos mas suavizados, de tipo "debris flow"***

Esta facies es particular, con bloques rodados plurimétricos, en el flanco NE y la cantera abandonada de la Loma Meladito (44JM9194). Se trata de una brecha cuyos elementos son de tamaño muy heterogéneo, centimétrico a pluridecimétrico, soldados y con contorno muy suavizado, incluso redondeado; están embebidos en una matriz abundante, de naturaleza cuarzo-feldespática. Los elementos son poligénicos, con una mayoría de bloques y fragmentos de lava básica con vesículas. Igualmente se observa la presencia de restos de caliza, de roca grano-clasificada en lechos (posible litarenita sedimentaria) y de limo. Existe una cierta ordenación en el tamaño de los cantos de arriba-abajo. Esta facies no corresponde a una brecha piroclástica, parece más bien una facies sedimentaria, cuyos materiales fueron modificados y tras depositados por procesos marinos. Se trata de una megabrecha originada por un debris flow masivo, que da lugar a un conglomerado, testigo de una fase erosiva que habría precedido al depósito de las calizas de la Fm Hatillo. Facies similares están descritas y cartografiadas en las Hojas de Hato Mayor y de El Valle.



**Foto 16: Afl. 44JM9194. Brecha de bloques y fragmentos de naturaleza poligénica y de tamaño heterogéneo. El cemento de los componentes, el hecho de que estén en contacto y la naturaleza de la matriz cuarzo-feldespática sugieren origen sedimentario.**

## **2.3 LA FM DE CALIZAS DE HATILLO – ALBIANO**

### **2.3.1 Generalidades**

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

La Fm de Calizas de Hatillo aflora entre los pueblos de Bayaguana y Hato Mayor como una franja estrecha de 40 km de largo con buzamiento hacia el Sur. Debido a su inclinación tectónica, la Caliza de Hatillo termina hacia el Norte erosionada y hacia el Sur se sumerge a varios kilómetros de profundidad, sin que existan datos de su continuidad en el subsuelo. No

obstante, es previsible que existan variaciones de espesor significativas de Norte a Sur como las observadas en sentido Este-Oeste a lo largo de la Cordillera. En el mapa de Hato Mayor se estima un espesor de 400-500 m al Oeste del pueblo de La Clara, alrededor de 100 m en el centro-norte de la cartografía entre La Clara y Los Cacaos, escasos metros en el río Guamira y unos 150 m de espesor en la Loma del Chivo situada en la esquina NE de la cartografía. El cambio de espesor puede ser brusco en los bloques de fallas NE-SO como el caso de La Clara, o fallas NO-SE y E-O al Sur de la Loma del Chivo. Aunque estas fallas pueden haber sido activas durante la sedimentación de la Caliza de Hatillo, más posiblemente evidencian la discordancia del Cretácico Superior.

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

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

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

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

### **2.3.2 La Fm de Calizas de Hatillo en la Hoja de Cotuí. Calizas masivas con rudistas, calizas oscuras con nódulos de sílex (8). Albiano. K<sub>1</sub>**

Las calizas de la Fm Hatillo afloran en el cuadrante SO de la Hoja, y constituyen una capa de más de 500-600 m de espesor, en la ribera occidental del Embalse de Hatillo. Éstas describen un sinforme con eje aproximado NO-SE. Presentan las facies clásicas de la formación, que le valen el nombre de calizas pararrecifales.

El contacto con la Fm Los Ranchos no ha sido observado, el cual está generalmente enmascarado por desprendimientos. La Fm Hatillo reposa sobre las facies volcanoclásticas de la parte superior de la Fm Los Ranchos.

A muro, se han definido alternancias de capas centimétricas a decimétricas, lenticulares, de calizas nodulosas y de micrita gris muy bioturbadas separadas por niveles argilitico-limosos oscuros. Estas facies subyacen bajo capas calizas ricas en conchas de rudistas, bioclastos y fragmentos detríticos. El estudio microscópico de la muestra 44JM9226 ha permitido reconocer una micrita con textura de wackestone. Los bioclastos engloban fragmentos de coral, debris de moluscos y de equinodermos y raramente conchas de foraminíferos bentónicos, de tipo discorbidae. Ninguno de los elementos permiten una calibración bioestratigráfica. Se trata de una facies marina, de plataforma interna, depositado en la zona de influencia mareal. Esta facies se corresponde con el tramo 2 previamente descrito y cuyo espesor es difícil de estimar.

Cubriendo a la facies anterior, muy rápidamente, se localizan capas decimétricas a métricas de caliza gris oscuro, masivas, sublitográficas, con pátina blanca. La estratificación es excepcionalmente visible. La presencia de nódulos centimétricos a decimétricos de silex gris-beige a negro es la principal característica. Este conjunto está profundamente fracturado y karstificado, éste aflora en forma de montículos y pináculos ruiniformes. Esta entidad superior, debido a una intensa karstificación y a una vegetación selvática densa e impenetrable, es difícilmente accesible.



**Foto 17: Afl. 44JM9208. Fm Caliza de Hatillo. Bloque de caliza biodetrítica, rica en conchas de rudistas.**



**Foto 18: Afl. 44JM9226. Fm Caliza de Hatillo. Capas pluridecimétricas de caliza oquerosa, donde se adivina la estratificación.**

## **2.4 LOS HAITISES – PLIOCENO-PLEISTOCENO**

### **2.4.1 Generalidades**

Los sedimentos del Plioceno-Pleistoceno pertenecen a las amplias plataformas carbonatadas que se extienden en los dos flancos de la Cordillera Oriental. Al Norte, en la región de Los Haitises, la plataforma, que llega a confundirse con los relieves de la Cordillera, se encuentra afectada por un espectacular karst tropical maduro; aparece inclinada hacia el Norte, de manera que desciende desde cotas superiores a los 300 m hasta el nivel del mar en la Bahía de Samaná. Al Sur, en la Llanura Costera del Caribe, se conserva mucho mejor el carácter de plataforma, contrastando sensiblemente con los relieves de la Cordillera; su descenso hacia el Sur se produce escalonadamente desde cotas cercanas a 100 m hasta alcanzar el litoral del Caribe.

Pese al indudable atractivo que ofrece la región de Los Haitises como dominio geológico peculiar, especialmente por el desarrollo de un extraordinaria karst tropical maduro, son escasos los trabajos elaborados sobre ella y en la mayoría de los casos están relacionados

con la minería del ámbar. La razón principal es su inaccesibilidad, derivada de la presencia de una exuberante vegetación tropical desarrollada sobre un típico relieve en “caja de huevos” integrado por infinidad de montículos (hums o haitises) entre los que se distribuye una densa red de depresiones (dolinas y uvalas), en ocasiones con desniveles superiores a 200 m. Dichos trabajos aluden a la estratigrafía de las tradicionales calizas de Los Haitises de forma marginal, bien por tratarse de trabajos de índole regional o bien porque abordan específicamente la minería del ámbar, centrada en el perímetro de la región.

De entre los trabajos que describen la estratigrafía de la región de Los Haitises, cabe destacar el de Brouwer S.B. y Brouwer P.A. (1980), relativo al ámbar, en el que se describen cuatro unidades superpuestas, de muro a techo: conglomerado basal, Fm Yanigua (que alberga el ámbar), caliza de Cevicos y caliza de Los Haitises. Iturralde Vinent M.A. (2001), en un nuevo estudio sobre la geología del ámbar en el ámbito caribeño, considera que el conglomerado basal constituye en realidad intercalaciones dentro de la Fm Yanigua, sugiriendo otro tanto para las calizas de la Fm Cevicos, por lo que simplifica el esquema estratigráfico que queda reducido a dos unidades: la Fm Yanigua, constituida por margas entre las que se intercalan niveles de conglomerados y de calizas, además de albergar masas discontinuas de ámbar y lignito; y la Fm Los Haitises, dispuesta sobre la anterior e integrada por las típicas calizas arrecifales que constituyen los característicos afloramientos de la mayor parte de la región. Más recientemente, el estudio de la minería artesanal de la República Dominicana (Espy J.A., 2000), elaborado dentro del Programa SYSMIN, aporta nuevos datos sobre la Fm Yanigua, si bien desde un punto de vista minero.

En el Proyecto L de cartografía (2002-2004), se han adoptado los criterios generales propuestos por Iturralde Vinent M.A., con dos unidades principales: la Fm Yanigua, como un conjunto margoso que alberga pequeñas masas de lignito y ámbar, en el que se intercalan niveles carbonatados de orden métrico, así como conglomerados, más frecuentes hacia la base; y la Fm Los Haitises, constituida por calizas bioclásticas y arrecifales masivas, habiéndose diferenciado dos tramos dentro de ella, en función del mayor o menor contenido margoso de las calizas.

No existe unanimidad en cuanto a la edad del conjunto: Brouwer S.B. y Brouwer P.A. (1980) enmarcan la Fm Yanigua en el Mioceno; Bourdon L. (1985) asigna el conjunto calcáreo al Mioceno Superior-actualidad; Toloczyki M. y Ramírez I. (1991) atribuyen la Fm Yanigua al Mioceno Superior-Plioceno y la Fm Los Haitises, al Plioceno-Cuaternario; y por último,

Iturralde Vinent M.A. (2001), propone el Mioceno Inferior-Medio para la Fm Yanigua y el Mioceno Medio-Superior para la Fm Los Haitises. En cualquier caso, el hallazgo durante la realización del proyecto L de asociaciones faunísticas características del Plioceno dentro de la Fm Yanigua ha sido el criterio seguido para establecer la cronoestratigrafía de la zona, completada con la asignación de la Fm Los Haitises al Plioceno-Pleistoceno.

Los afloramientos de la Fm Yanigua se distribuyen por el borde de la región, soterrándose bajo los de la Fm Los Haitises, sin que pueda asegurarse si hacia el Norte existe entre ellos una relación de cambio de facies mediante la cual la primera se adelgaza o incluso desaparece en favor de la segunda. La Fm Yanigua se interpreta en un contexto marino-lagunar de baja energía, en tanto que la Fm Los Haitises representa una plataforma carbonatada con construcciones arrecifales.

En conjunto se apoyan sobre un paleorrelieve muy irregular integrado fundamentalmente por materiales cretácicos y tonalíticos asociados a ellos, algunos de los cuales “emergen” en el seno de la plataforma calcárea, lo que indica un contexto en el que la Cordillera Oriental estaría reducida a una serie de isleos. Posteriormente, el progresivo ascenso de la región, dentro del contexto de la elevación de La Española, provocaría el retroceso de la línea de costa y del complejo arrecifal hacia la Bahía de Samaná, hasta alcanzar la disposición actual. De acuerdo con este esquema, aunque las calizas de la Fm Los Haitises constituyen un conjunto de extraordinaria uniformidad, poseerían carácter diacrónico, más antiguo en el sector meridional (Plioceno) y prácticamente actual en el ámbito de la bahía.

En cuanto a la plataforma carbonatada de la Llanura Costera del Caribe, no existen estudios geológicos específicos sobre ella, tratándose en todos los casos de referencias marginales. Aunque tradicionalmente ambas plataformas carbonatadas han sido tratadas independientemente, su estrecha relación parece un hecho como sugieren su aparente conexión física al NE de Bayaguana y la que se intuye debido a la continuidad de la plataforma meridional por el extremo oriental de la Cordillera hasta las proximidades de Nisibón. La plataforma meridional está integrada por un conjunto monótono de margas entre las que se intercalan calizas y calizas margosas que ocasionalmente pueden constituir la litología dominante. Muestra grandes semejanzas con la Fm Yanigua, por lo que se han atribuido a ella, hecho apoyado por la conexión espacial de ambas plataformas señalada anteriormente.

#### **2.4.2 Las Calizas de Los Haitises en la Hoja Cotuí. Calizas bioclásticas, calizas margosas y calizas arrecifales con niveles de margas (9). Mioceno superior – Pleistoceno N<sub>1</sub><sup>3</sup> - Q<sub>1-3</sub>.**

Dadas las dificultades de acceso y sobre todo la falta de afloramientos de la calidad, las calizas de Haitises fueron cartografiadas bajo un único grupo. No ha sido posible distinguir si son atribuibles a la unidad Yanigua o a Cevicos. Por el contrario, si en detalle son difíciles de distinguir, son fácilmente atribuibles a las Calizas de Los Haitises debido a la morfología bastante típica que se desarrolla en las zonas de afloramiento.

La unidad está compuesta por calizas bioclásticas, calizas margosas, calizas arrecifales y margas, ricas en conchas y fragmentos de fósiles muy diversos. Las calizas son de color gris-azul mientras están frescas, y amarillentas cuando están alteradas. Los afloramientos son escasos y su existencia se deduce de la presencia de abundantes bloques, y bolas de calizas biotriticas, incrustadas de conchas enteras y/o con fragmentos de fósiles muy variados: Gasteropodos, Lamelibránquios, Políperos, Madréporas, etc.

La muestra 44JM9434 es una biomicrita bioturbada, con textura wackestone. La biofase está compuesta de frecuentes moldes internos de pequeños gasterópodos y de algunas valvas aisladas de ostrácodos. Algunas conchas mal conservadas de foraminíferos bentónicos han sido reconocidas: *Miarchaias floridanus* (CONRAD), *Miosorites americanus* (CUSHMAN), Textulariidae, *Miniacina* ? sp., Discorbidae, *Nummuloculina* sp. y *Quinqueloculina* sp.. Los fósiles indican una sedimentación de plataforma interna en medio arrecifal a peri-arrecifal, de edad Mioceno superior - Plioceno inferior.



**Foto 19: Afl. 44JM9547. Afloramiento natural de Las Calizas de Los Haitises. Las capas de calizas masivas son oquerosas, constituyen las cimas de las colinas.**



**Foto 20: Afl. 44JM9552. Cantera abierta en las Calizas de Los Haitises. El conjunto presenta una estructura de brecha con fragmentos y bloques escoriáceos de calizas bioclásticas con corales. Se intuye la estratificación sub-horizontal, cubierta por lentejones de acumulación de arcilla de decalcificación, de color rojizo.**



**Foto 21: Afl. 44JM9588. Alternancias centimétricas a decimétricas, bien estratificadas, de calizas margosas, margas y calizas bioclásticas.**

## **2.5 LAS FORMACIONES SUPERFICIALES CUATERNARIAS**

### **2.5.1 Alteritas y arcillas lateríticas**

Tanto el clima tropical antiguo como el actual, es el origen de una alteración intensa del sustrato que afecta a todos los tipos de roca. Probablemente más importantes en el pasado, las alteritas aparecen reducidas en la actualidad por efecto de la erosión. Las alteritas desarrolladas en las formaciones cretácicas no se diferenciaron cartográficamente.

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



**Foto 22: Afl. 44JM 9625. Brecha volcanoclástica de la Fm Los Ranchos completamente meteorizada a arcillas de color rojo-ladrillo. Se intuye la estructura original de la facies.**

### **2.5.2 Abanico de baja pendiente, piedemonte y glacis. Arcillas rojas y arenas finas (10). Pleistoceno – Holoceno. Q<sub>1-3</sub> – Q<sub>4</sub>**

Estos depósitos están particularmente bien representados en los valles de los ríos Maguaca y Chacuey, pero existen también alrededor de todos los relieves de la zona, incluyendo los de la Fm Los Ranchos o de los Haitises. Constituyen un recubrimiento de baja pendiente, de varios metros de espesor, cortado por la actividad erosiva actual de los ríos.

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



**Foto 23: Afl. 44JM9269. Secuencias de granoclasificación en los recubrimientos arcillo-arenoso con niveles de gravas.**



**Foto 24: Afl. 44JM9152. Acumulación de pisolitos Fe-Mn en los recubrimientos cuaternarios tapizando las laderas de las colinas. Estos sitios son los preferidos para el cultivo de la piña.**

En sus inicios, estos materiales derivaron de la alteración meteórica de los relieves. Luego fueron arrastrados y más tarde sedimentados bajo el efecto de paleo-corrientes fluviales. Su espesor no se conoce con precisión y está controlado por la morfología del paisaje y por la red de los ríos que, en la época de los depósitos, drenaron la zona. En los lugares donde están presentes, estos recubrimientos constituyen suelos no consolidados, propicios para el cultivo de piña y cítricos.

### **2.5.3 Depósitos aluviales de la Cuenca del Cibao. Arcillas con gravas y arenas (11). Pleistoceno – Holoceno. Q<sub>1-3</sub> – Q<sub>4</sub>**

La zona occidental comprendida entre el valle de Yuna y el valle de Camú está recubierta por las formaciones aluviales probablemente antiguas, profundamente modificadas por la actividad humana ya que es la mejor superficie para el cultivo de arroz. Cuando son visibles, los depósitos se corresponden a acumulaciones de arcilla marrón rojiza que contiene pequeñas cantidades de bloques y gravas de diverso origen. Estas facies son difíciles de distinguir de las anteriores, excepto porque ocupan un sector alejado de los afloramientos del basamento. Se trata probablemente de antiguas acumulaciones aluviales en relación con los ríos Camú y Yuna. Estos depósitos se comparan con aquellos descritos en el término de la Unidad del Licey al Medio, en la Hoja de Santiago, e interpretados como una evidencia temprana de la sedimentación continental en la Cuenca del Cibao en el Pleistoceno (¿?). No se dispone de afloramientos naturales ni de testigos de sondeo que permitan precisar la naturaleza, organización, potencia y, eventualmente, la edad de los depósitos. Estos materiales recuerdan depósitos fluvio-lacustres, en la llanura de inundación de paleoríos.

El sector de Sabana de Angelina es confuso, ya que constituye un relieve que contrasta claramente con la llanura que la circunda. Ningún afloramiento se observó, la zona está cubierta de pastizales inundados. Puede deberse a una elevación en relación con una tectónica más reciente, como se conoce en el otro lado de la Cuenca del Cibao con la Elevación de San Francisco, de estructura de tipo “pop-up”, en relación con la Falla Septentrional.



**Foto 25: Afl. 44JM9330. Recubrimientos esencialmente arcillos en el Valle del Cibao, relevantes para el cultivo del arroz.**

#### **2.5.4 Fondo de dolina y polje. Arcillas de descalcificación (12). Pleistoceno – Holoceno. Q<sub>1-3</sub> – Q<sub>4</sub>**

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

#### **2.5.5 Área pantanosa. Lutitas (13). Holoceno. Q<sub>4</sub>**

Varios sectores han sido agrupados bajo esta denominación (Ciénaga Grande, Matias) situados al norte de la plataforma de los Haitises, entre el accidente OE de la margen sur de la Cuenca de Samaná y el cauce del río Yuna. Estos se corresponden con depresiones antiguas en el substrato de Los Haitises. Los depósitos están representados, esencialmente, por limos y arcillas negras, empapadas de agua y muy ricas en materia orgánica.

### **2.5.6 Llanura de inundación con brazo fluvial abandonado. Lutitas, arenas y gravas (14). Holoceno. Q<sub>4</sub>**

La zona de inundación actual de los ríos Yuna y Camú son particularmente bien visibles en las imágenes geofísicas aerotransportadas, en particular aquellas de distribución de potasio. Concerniente a Yuna, este límite es coherente con el diseño general presentado en el mapa topográfico 1:50 000. El estudio de imágenes de satélite recientes por Google Earth ha permitido precisar el contorno sino que también facilitaron el estudio de paleomeandros de los dos ríos. La llanura de inundación de los ríos Yuna y Camú tiene una anchura que comprende de 2500 a 3000 m. Abundan los aluviones antiguos, pero en gran parte enmascarados por una película arcillosa reciente, cubierta de vegetación y más o menos pantanosos. El material es una grava redondeada, con fragmentos de rocas ígneas y matriz arcilloso-arenosa.



**Foto 26: Afl. 44JM9550. Llanura aluvial del río Yuna, en la zona de Platanal.**

En las últimas décadas, los depósitos aluviales han sido muy explotados en torno a Cotuí para la construcción local. Los viejos pozos de grava ocasionan depresiones con agua

estancada. Por razones medioambientales, la explotación de los aluviones está regulada actualmente.

### **2.5.7 Terrazas bajas y fondo de valle. Arenas con cantos y gravas (15). Holoceno. Q<sub>4</sub>**

Los valles de los ríos Maguaca y Chacuey tienen un relleno aluvial notable, compuesto por arenas con cantos y gravas de rocas volcánicas y granitoides. Los aluviones recientes de los ríos Yuna y Camú son muy abundantes, y de composición similar. Su extensión es la misma que la de los cauces de los ríos, tal como se observa en los mapas.

### **2.5.8 Antrópico. Presa de Hatillo (16). Actual. Q<sub>4</sub>**



**Foto 27: Desde el punto 44JM9649. Muro de la Presa de Hatillo.**

El muro de Hatillo es una presa de tipo gravedad construida entre 1977 y 1984. El dique de esta presa es un muro con una longitud de 1800 metros que se compone de una estructura del tipo de tierra y enrocamiento con profundidad de pantalla de 28 metros y un volumen total de 11,5 millones de m<sup>3</sup>. El material rocoso necesario para la construcción de esta

estructura se extrajo de las canteras Quita Sueño (riolita porfídica) y Meladito (brecha volcanoclástica).

#### **2.5.9 Antrópico. Basureros (17). Actual. Q<sub>4</sub>**

Se han representado las descargas no controladas de Cotuí-La Mata, las más importantes están situadas en la ribera norte del río Yuna, en ambos lados del río Maguaca, además de los pequeños depósitos de La Cueva. Ninguna precaución particular se ha tomado para proteger el medioambiente, en particular para evitar los lixiviados generados por la descomposición de los desechos que se infiltran en el suelo o son arrastrados por la escorrentía superficial hacia los cursos de agua.

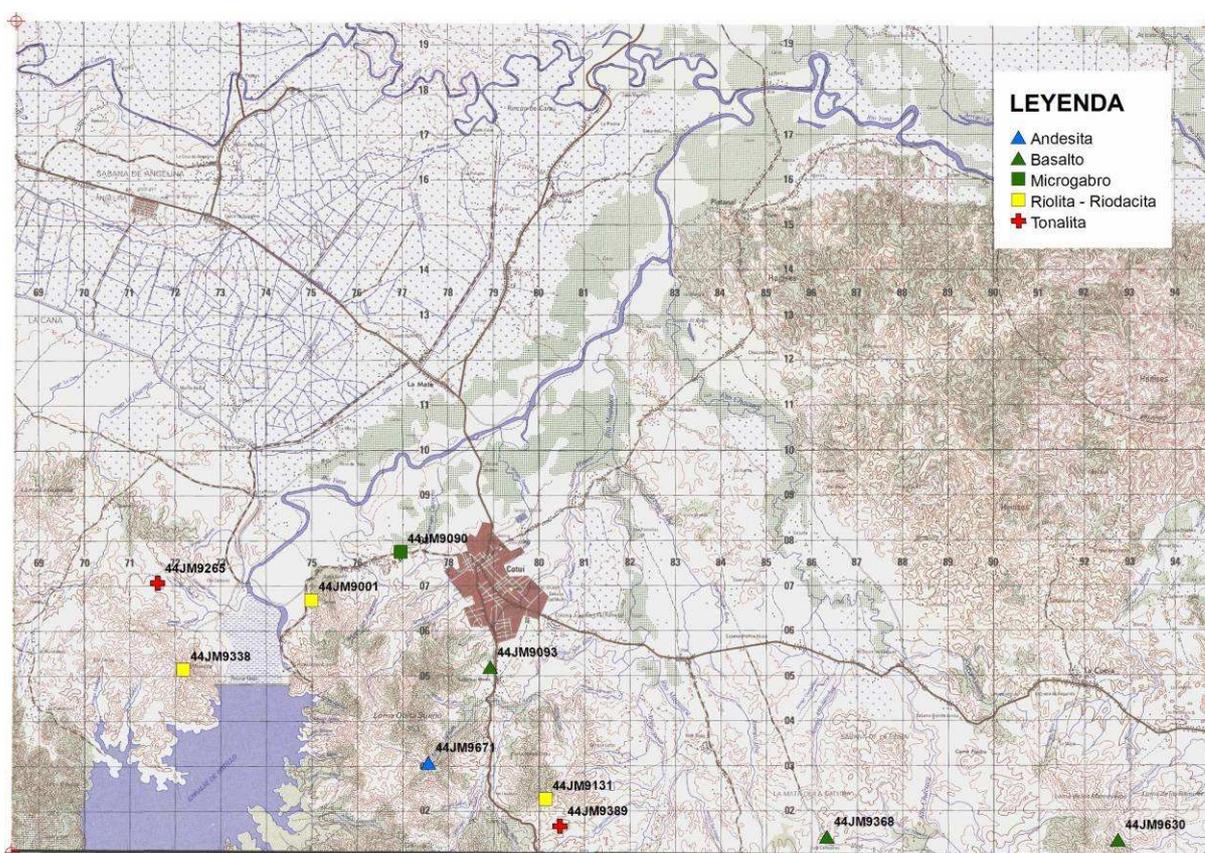
Numero	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD27	
	Latitud	Longitud	XXXX	YYYY
44JM9001	19.05086	-70.18751	374 998	2 106 683
44JM9023	19.01859	-70.18032	375 731	2 103 107
44JM9039	19.01705	-70.16291	377 562	2 102 924
44JM9060	19.03136	-70.17444	376 359	2 104 516
44JM9090	19.06058	-70.16896	376 958	2 107 746
44JM9093	19.03770	-70.15013	378 922	2 105 200
44JM9100	19.00587	-70.14006	379 959	2 101 671
44JM9111	19.00200	-70.18221	375 520	2 101 272
44JM9116	19.03016	-70.15604	378 295	2 104 370
44JM9127	19.02684	-70.15242	378 674	2 104 000
44JM9152	19.03348	-70.12665	381 391	2 104 718
44JM9156	19.00679	-70.16148	377 705	2 101 788
44JM9191	19.04015	-70.18094	375 682	2 105 493
44JM9194	19.03813	-70.20873	372 756	2 105 290
44JM9208	19.04384	-70.24885	368 538	2 105 951
44JM9226	19.00787	-70.23838	369 611	2 101 962
44JM9259	19.04520	-70.22543	371 004	2 106 084
44JM9264	19.05080	-70.21895	371 690	2 106 699
44JM9265	19.05416	-70.21975	371 608	2 107 071
44JM9269	19.05302	-70.22670	370 876	2 106 950
44JM9330	19.10684	-70.19415	374 342	2 112 883
44JM9337	19.03620	-70.21362	372 239	2 105 080
44JM9354	19.02842	-70.22338	371 206	2 104 226
44JM9368	19.00396	-70.07959	386 323	2 101 420
44JM9389	19.00593	-70.13541	380 449	2 101 675
44JM9397	19.01203	-70.14392	379 558	2 102 355
44JM9409	19.02729	-70.07745	386 564	2 104 000
44JM9432	19.02772	-70.04600	389 875	2 104 028
44JM9434	19.02931	-70.02985	391 575	2 104 194
44JM9450	19.00565	-70.01565	393 055	2 101 567
44JM9453	19.01122	-70.00968	393 687	2 102 179
44JM9456	19.02499	-70.04742	389 723	2 103 726
44JM9469	19.01598	-70.03132	391 412	2 102 719
44JM9508	19.03342	-70.22974	370 541	2 104 784
44JM9546	19.11006	-70.05484	388 999	2 113 145
44JM9547	19.11452	-70.05457	389 030	2 113 638
44JM9550	19.12640	-70.11178	383 021	2 114 991
44JM9552	19.14238	-70.07959	386 418	2 116 738
44JM9588	19.05276	-70.10145	384 056	2 106 834
44JM9625	19.00322	-70.00426	394 252	2 101 291
44JM9649	19.03801	-70.18579	375 170	2 105 260
44JM9656	19.04420	-70.17317	376 503	2 105 936
44JM9671	19.01844	-70.16295	377 559	2 103 078

**Tabla 1: Coordenadas de los puntos citados en el texto (muestra, foto, etc).**

## 3 GEOQUÍMICA

### 3.1 METODOLOGÍA Y TÉCNICAS ANALÍTICAS

Una decena de muestras de las principales litofacies de la Fm Los Ranchos y de los intrusivos tonalíticos, reconocidas en la Hoja de Cotuí, han sido tomadas para realizar análisis. La localización y naturaleza de las muestras se precisa en la Figura 5.



**Figura 5: Localización y naturaleza de las muestras tomadas para análisis geoquímicos.**

Todas las muestras fueron inicialmente machacadas, cuarteadas a 250 g y pulverizadas en un molino de ágata hasta que el 95% de la muestra pasara por la malla 150 (106  $\mu$ ), en los talleres del Departamento de Petrología y Geoquímica de la Universidad Complutense de Madrid. El polvo fue enviado para proceder al análisis químico de elementos mayores, traza y tierras raras a ACME Laboratories (Vancouver, Canada). Para los óxidos de elementos

mayores, los límites de detección son <0,01% excepto para Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,04%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,001%) y Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,002%); para los elementos trazas son típicamente <0,1 ppm y para las tierras raras <0,05 ppm, e incluso <0,01 ppm. En detalle, los límites de detección (en ppm) fueron: Ba, 1; Be, 1; Co, 0,2; Cs, 0,1; Ga, 0,5; Hf, 0,1; Nb, 0,1; Rb, 0,1; Sn, 1; Sr, 0,5; Ta, 0,1; Th, 0,2; U, 0,1; V, 8; W, 0,5; Zr, 0,1; Y, 0,1; La, 0,1; Ce, 0,1; Pr, 0,02; Nd, 0,3; Sm, 0,05; Eu, 0,02; Gd, 0,05; Tb, 0,01; Dy, 0,05; Ho, 0,02; Er, 0,03; Tm, 0,01; Yb, 0,05; Lu, 0,01; Mo, 0,1; Cu, 0,1; Pb, 0,1; Zn, 1; Ni, 0,1; As, 0,5; Cd, 0,1; Sb, 0,1; Bi, 0,1; Ag, 0,1; Au, 0,5 (ppb); Hg, 0,01; Tl, 0,1; y Se, 0,5. La precisión y exactitud analítica fue estimada analizando los estándares internacionales STD CSC y SO-18, así como mediante análisis duplicados de algunas muestras. En general, la precisión del estándar fue mejor de ± 1% y la exactitud en los análisis duplicados mejor de 0,5%. El Fe procedente de los análisis fue Fe total como Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, por lo que fue recalculado como  $Fe_2O_{3t} = Fe_2O_3 + FeO \cdot 1,11135$  y  $FeO_{calc} = FeO / (FeO + Fe_2O_3)$ . Los análisis de todas las muestras fueron recalculados a una base anhidra si la suma de los elementos SiO<sub>2</sub> a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fue <99,98%. El número de Mg (Mg#) fue calculado como  $100 \cdot mol\ MgO / (mol\ MgO + mol\ FeO_t)$ , donde  $FeO = 0,8 \cdot Fe_2O_{3t}$  y  $Fe_2O_3 = 0,2 \cdot Fe_2O_{3t}$ . Las composiciones de referencia utilizadas para el manto primordial y los basaltos promedio N-MORB, E-MORB y OIB son las propuestas por Sun y McDonough (1989).

Los resultados analíticos fueron integrados con una selección de los datos geoquímicos incluidos en la bibliografía de la zona, que principalmente procedieron de los trabajos de Lewis *et al* (1990, 2002, 2006), Kesler *et al* (1997, 1990a, b y c, 2005 a y b), Lapierre *et al* (1997, 1999, 2002), SYSMIN (2004) y Escuder Viruete *et al.* (2006, 2007, 2008 y 2009), así como datos propios inéditos. En una primera aproximación, los datos geoquímicos fueron utilizados para discriminar las muestras en contextos magmáticos relacionados o no con procesos de subducción, y su impacto en la definición de unidades cartográficas. Existen numerosos autores que han propuesto criterios geoquímicos que discriminan rocas formadas en diferentes medios tectónicos, como los relacionados con un arco isla (Pearce, 1983; Wood *et al.*, 1980; Shervais, 1982; Pearce *et al.*, 1984; Taylor y Nesbitt, 1995; Pearce y Parkinson, 1993; Pearce y Peate, 1995). Para rocas volcánicas de arco alteradas, los principales elementos traza utilizados son Zr, Nb, Hf, Ta, Ti e Y (high field strength elements, HFSE), que proporcionan una guía preliminar de la afinidad petrológica y tectónica de las rocas volcánicas básicas e intermedias. Otros elementos traza resistentes a la alteración utilizados son las REE (rare earth elements) y el Th. El Th es un LFSE (low field strength element) que, a diferencia de otros elementos de este grupo (Rb, Ba, Sr, Cs, U y Pb), resiste los procesos de alteración y metamorfismo, y proporciona la única oportunidad de comparar

el comportamiento primario de estos dos grupos (LFSE vs HFSE), que refleja procesos operativos en medios tectónicos específicos. En este trabajo, la concentración de estos elementos inmóviles fue expresada en diagramas normalizados respecto al manto primitivo (PM) y N-MORB (normal mid-ocean ridge basalt) de Sun y McDonough (1989), ordenados siguiendo su compatibilidad creciente (de izquierda a derecha) en un fundido basáltico. De forma complementaria se utilizaron diagramas que utilizan relaciones de elementos traza para discriminar entre varios medios tectónicos relacionados o no con arcos isla. Los datos isotópicos de Sr-Nd procedentes de la bibliografía fueron utilizados en algunos casos junto con los geoquímicos de elementos traza, para interpretar la naturaleza de la fuente mantélica y, particularmente, como evidencia de la influencia o no de plumas mantélicas y de la litosfera continental en la petrogénesis de las rocas ígneas.

En la zona estudiada se reconoció una relativa gran variedad composicional de tipos magmáticos básicos que tienen análogos en medios oceánicos modernos, los cuales proporcionan el marco para la interpretación geoquímica e isotópica. Las rocas volcánicas no relacionadas con procesos de subducción fueron comparadas respecto a los basaltos N-MORB (normal mid-ocean ridge basalts), E-MORB (enriched-MORB) emitidos en dorsales influenciadas por plumas, y OIB (ocean island or oceanic intra-plate basalts) relacionados con la actividad de plumas mantélicas. Los basaltos transicionales son aquellos que tienen características geoquímicas intermedias entre los toleíticos y alcalinos según Winchester y Floyd (1977). Las rocas volcánicas de medios de arco se caracterizan por un enriquecimiento de LFSE (Th) relativo respecto a los más incompatibles HFSE (Nb-Ta), y empobrecimiento en Nb (y Ta) respecto a La. Los tipos reconocidos fueron característicos de arcos intraoceánicos: boninitas fuertemente empobrecidas en elementos incompatibles, andesitas ricas en Mg, basaltos toleíticos IAT (island arc tholeiites), andesitas y basaltos calco-alcalinos CAB (calc-alkalic basalts), rocas volcánicas félsicas de composición dacítica-riolítica asociadas con las series IAT-CAB y adakitas. Las rocas plutónicas que forman los batolitos ultramáfico-gabroico-tonalíticos fueron caracterizadas geoquímicamente siguiendo un procedimiento similar.

Sin embargo, las rocas ígneas y metamórficas de la zona estudiada fueron variablemente deformadas y metamorfizadas; por lo tanto, antes de hacer interpretaciones petrogenéticas basadas en la geoquímica de roca total, se debe evaluar la movilidad de los elementos utilizados. Los elementos inmóviles bajo un amplio rango de condiciones metamórficas, incluyendo la alteración de fondo oceánico a relaciones agua/roca bajas y moderadas

(Bienvenu et al. 1990), son los elementos de transición (V, Cr, Ni y Sc), los HFSE, las REE y el Th. También, los minerales accesorios con REE son estables si no han sufrido un metamorfismo intenso, así como la desaparición parcial de los minerales portadores de las LREE no afecta significativamente la relación isotópica Sm-Nd a la escala de roca total. Por otro lado, la buena correlación obtenida entre el Zr frente a Th, Nb, La, Sm, Ti y Yb sugiere que estos elementos traza fueron relativamente inmóviles durante el metamorfismo, y las diferencias que muestran en las relaciones son debidas a un variable grado de fusión o a diferencias en la fuente mantélica. A continuación se describen los diferentes tipos de rocas ígneas máficas y félsicas distinguidas en cada evento magmático, para mostrar la existencia de relaciones petrogenéticas entre ellos e interpretar el marco geodinámico de formación.

## **3.2 ESTUDIO GEOQUÍMICO DE MUESTRAS DE LA FM LOS RANCHOS Y DE LOS BATOLITOS TONALÍTICOS**

### **3.2.1 Introducción**

Definidas por Donnelly et al. (1990), las rocas volcánicas del Primitivo arco-isla Caribeño (PIA) consisten predominantemente de basaltos toleíticos espilitizados y lavas dacítico-riolíticas. Los basaltos del PIA contienen abundancias típicamente bajas en LILE (large-ion lithophile elements), REE (rare earth elements) y HFSE (high field strength elements), contenidos bajos en Pb radiogénico, y un patrón de REE subhorizontal al normalizarse con respecto al manto primitivo (Jolly et al., 2001, 2006b, 2007; Kerr et al., 1999; Lewis et al., 2000, 2002; Marchesi et al., 2006, 2007; Escuder-Viruete et al., 2006, 2008, 2009).

En las Antillas Mayores, series de rocas volcánicas relacionadas con el PIA son la Formación Water Island en las Islas Vírgenes (Rankin, 2002; Jolly y Lidiak, 2006a), las fases volcánicas I y II de Puerto Rico Central y Nororiental (unidades pre-Robles y pre-Santa Olaya; Jolly et al., 2001, 2006b), los clastos de rocas del PIA en las rocas sedimentarias pre-Camújiro en las proximidades de la provincia de Camagüey y la Formación Los Pasos en Cuba Central (Kerr et al., 1999; Proenza et al., 2006), y las Formaciones de Los Ranchos, Maimón y Amina en las Cordilleras Central y Oriental de La Española (Draper and Lewis, 1991; Kesler et al., 1990, 2005; Lebrón and Perfit, 1994; Escuder-Viruete et al., 2006). Las investigaciones geoquímicas más recientes revelan que las rocas máficas del PIA, incluyendo la Formación Téneme en Cuba Oriental (Proenza et al., 2006; Marchesi et al., 2007), y las Formación Los Ranchos (Escuder-Viruete et al., 2006), Maimón (Lewis et al.,

2000, 2002) y Amina (Escuder-Viruete et al., 2007b) en República Dominicana, así como algunos de los basaltos de la Formación Water Island, son regionalmente comparables y de composición toleítica de arco-isla (IAT), variablemente empobrecidas en Ti y LREE, y boninitas. Las características temporales y temporales de la serie de rocas máficas del PIA indican un contexto de supra-subducción durante los primeros estadios de desarrollo del arco isla Caribeño en el Aptiense a Albiense Inferior (Escuder-Viruete et al., 2006). En La Española, la Formación Hatillo, constituida por calizas arrecifales de la parte alta del Albiense Inferior (Myczynski and Iturralde-Vinent, 2005), se dispone discordante sobre la Formación Los Ranchos.

Clasificadas respecto a esquemas basados en elementos traza inmóviles, ya que se trata de rocas profundamente alteradas en las que muchos elementos pueden haberse movilizado, las rocas volcánicas de la Formación Los Ranchos son subalcalinas en un diagrama Nb/Y versus Zr/TiO<sub>2</sub> diagram (Winchester y Floyd, 1977), gradando en composición desde basaltos sub-alcalinos a riolacitas (Fig. 5), lo cual es consistente con su composición de elementos mayores y mineralogía relictas. Tanto en este diagrama como en el diagrama catiónico Fe+Ti-Al-Mg de Jensen (1976) se observa un salto composicional entre andesita/basalto y dacita/riolacita, que da cuenta del carácter bimodal del magmatismo del PIA. Como una serie, las rocas volcánicas de la Formación Los Ranchos presentan un amplio rango en el contenido en SiO<sub>2</sub>, graduando desde 43,5 a 78,4 wt.% (Tabla 1), para contenidos en TiO<sub>2</sub> entre 0.17 and 1.0 wt.% (Fig. 6). Estas rocas muestran un aumento en SiO<sub>2</sub>, álcalis, Zr y Nb, y un descenso en Cr y Ni con el descenso en el MgO (no mostrados). TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>T, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y CaO aumentan ligeramente hasta alcanzar un máximo a los 5-6 wt.% MgO, para decrecer entonces en las rocas más evolucionadas. Estas tendencias son toleíticas y pueden ser atribuidas a la fraccionación de inicialmente olivino y Cr-espinela, después a la de la plagioclasa y clinopiroxeno, y finalmente a la de los óxidos Fe-Ti, la cual es compatible con la mineralogía observada. Las relaciones Yb-Th y Zr-Y en las rocas máficas (Barrett y MacLean, 1999) establecen también una afinidad toleítica. En un diagrama multielemental normalizado respecto a N-MORB, todas las rocas volcánicas máficas de la Formación Los Ranchos se caracterizan por un significativo aumento de los LILE (Rb, Ba, Th, U, Pb y K) y LREE relativo a los HFSE (Nb, Ta, Zr, Hf, Ti y Y) y HREE (Fig. 7 y 8), típico de magmas relacionados con subducción. Todas ellas presentan una pronunciada anomalía negativa de Nb y Ta (respecto al Th y La), y el patrón de HREE es plano. Sin embargo, al comparar en detalle rocas con similar Mg# se revela una considerable variación tanto en la abundancias de los elementos traza, como en su

distribución en el diagrama multielemental (Figura 7). En base principalmente al contenido en Ti y de los valores de las relaciones entre elementos incompatibles, las rocas volcánicas máficas de la Formación Los Ranchos pueden ser divididas en tres grupos geoquímicos (Escuder Viruete et al., 2006, 2007), aunque probablemente existen composiciones transicionales entre ellos: toleitas de arco isla (IAT), o grupo I; toleitas de arco isla empobrecidas en Ti y LREE, o grupo II; y boninitas, o grupo III. Un grupo IV es asignado a las rocas volcánicas ácidas, que incluye además a las muestras de los batolitos tonalíticos. Estos grupos de materiales son descritos a continuación.

### **3.2.2 Descripción de los materiales**

#### **3.2.2.1 Toleitas de arco isla (IAT), grupo I**

Este grupo está representado por los flujos masivos, las brechas autoclásticas monogenéticas y las intrusiones sin-volcánicas menores de la unidad basáltica superior. En el diagrama catiónico Fe+Ti-Al-Mg presentan composiciones de basaltos toleíticos ricos en Fe y están relativamente fraccionadas ( $Mg\#=55-40$ ). En el diagrama multielemental presentan unas distribuciones muy similares a las IAT modernas (Pearce et al., 1992; Taylor y Nesbitt, 1995), con similares abundancias absolutas de HREE ( $6-1 \times N-MORB$ ). En particular, las relaciones REE/HFSE (p.e. La/Nb y Sm/Zr) son altas en los basaltos de grupo I en relación con las composiciones N-MORB, lo cual es típico de IAT. Se caracterizan por una distribución de ligeramente empobrecida en LREE a ligeramente enriquecida ( $[La/Yb]_N=0,7-1,7$ ), pronunciada anomalía negativa en Nb, ligeras anomalías negativa en Zr y positiva en Hf ( $[Zr/Sm]_N=0,3-0,8$ ) y HREE planas. El contenido en  $TiO_2$  gradúa entre 0,8 y 1,0 % en peso. Los valores de  $(\epsilon Nd)_i$  gradúan entre +9,2 y +10,0 (Escuder Viruete et al., 2006), que sugieren una fuente dominada por un manto empobrecido.

#### **3.2.2.2 Toleitas de arco isla empobrecidas en Ti y LREE, grupo II**

Este grupo está representado por algunos diques máficos sinvolcánicos y sills de microgabros, cuerpos máficos irregulares dentro de los batolitos tonalíticos, y la mayoría de las rocas volcánicas máficas de la unidad basáltica inferior. Estas rocas tienen una composición de elementos mayores que varía entre basaltos toleíticos ricos en Mg y basaltos toleíticos ricos en Fe, y se extienden a composiciones de menor  $Mg\#$  (66-44) que las IAT de grupo I. El diagrama multielemental es similar al de las IAT de grupo I, algunas

con una pronunciada anomalía negativa en Nb, menores abundancias de HREE ( $4-7 \times PM$ ), mayores anomalías negativas de Zr y Hf ( $[Zr/Sm]N=0,5-0,7$ ), y un consistente empobrecimiento en LREE ( $[La/Yb]N=0,2-0,7$ ). El contenido en  $TiO_2$  varía entre 0,4 y 0,8% y es inferior al grupo I. Incluyendo las rocas intrusivas máficas, los valores de  $(\epsilon Nd)_i$  varían entre +8,7 y +9,4, compatibles con una fuente dominada por manto empobrecido. Los contenidos bajos en  $TiO_2$  y HREE, junto a las anomalías negativas en Zr y Hf, sugieren que la fuente mantélica de estas rocas fue más empobrecida que en el grupo I.

### 3.2.2.3 Boninitas, grupo III

Este grupo está representado por flujos boniniticos y lavas almohadilladas, con alguna brecha volcánica, presentes únicamente en la unidad basáltica inferior. El grupo incluye tipos composicionales con  $SiO_2 > 53\%$ ,  $MgO > 7-8\%$  y  $TiO_2 < 0,5$ , que caen dentro de la definición estricta de boninitas de Crawford et al. (1989), sin embargo, las muestras están alteradas y los elementos mayores movilizado. Las boninitas presentan una composición de basaltos toleíticos ricos en Mg, próxima a las komatiitas basálticas en el diagrama Al-Fe-Mg, e incluyen las composiciones de mayor Mg# de todas las rocas muestreadas (69-54). Las abundancias de HREE son ligeramente inferiores ( $0,7-4,5 \times N-MORB$ ) que en el grupo II. Sin embargo, presentan una distribución plana o ligeramente enriquecida en LREE ( $[La/Yb]N=0,5-0,7$ ) y fuertes anomalías positivas en Zr y Hf ( $[Zr/Sm]N=1,0-1,3$ ). Esta distribución es característica de boninitas actuales (Falloon y Crawford, 1991; Murton et al., 1992; Stern y Bloomer, 1992), siendo geoquímicamente similares al grupo de boninitas pobres en Ca de Crawford et al. (1989), incluyendo la baja relación  $CaO/Al_2O_3$  (0,04-0,34) relativa a las IAT pobres en Ti a un similar grado de fraccionación. Las bajas relaciones  $CaO/Al_2O_3$  y abundancias en HREE, junto a valores de  $(\epsilon Nd)_i$  positivos (+3,4 a +5,6) son compatibles con una fuente mantélica dominada por harzburgitas empobrecidas.

### 3.2.2.4 Comparación grupos rocas máficas

Debido a su naturaleza fuertemente empobrecida en elementos incompatibles, las rocas volcánicas máficas de la Formación Los Ranchos no quedan representadas adecuadamente en los diagramas de discriminación tectónica más comunes. Sin embargo, en el diagrama Ti vs. V de Shervais (1982), las rocas máficas caen en el campo de las IAT, discriminando los distintos grupos geoquímicos (Fig. 5): el grupo I de IAT normales presenta relaciones  $15 < Ti/V < 20$  y abundancias absolutas similares; las rocas empobrecidas del grupo II definen

una tendencia a relaciones Ti/V condriticas ( $\approx 10$ ), con las muestras menos fraccionadas situándose a menores abundancias absolutas; y las boninitas del grupo III tienen relaciones Ti/V menores que los valores condriticos, reflejando el extremo grado de empobrecimiento de la fuente. En el diagrama Nb-Hf-Th de Wood (1980), las rocas máficas de la Formación Los Ranchos caen en el campo de los márgenes de placa destructivos, extendiéndose desde el campo toleítico hasta el límite con el calco-alcalino, en función del empobrecimiento relativo en Hf (y Zr), especialmente en rocas pobres en Ti. Aunque existe una superposición entre los grupos máficos, las IAT normales, las IAT empobrecidas en LREE y Ti y las boninitas, se ordenan hacia el campo N-MORB, reflejando la amplitud de la anomalía negativa en Nb y la ausencia de anomalías positivas de Th en el diagrama extendido de REE característico de cada grupo. En el diagrama triangular Nb-Y-Zr, las anomalías de Zr (y Hf) relacionadas con el empobrecimiento de la fuente causan que las rocas máficas se representen hacia el límite del campo IAT, lejos del vértice Zr, especialmente en las muestras más empobrecidas, mientras las boninitas caen en la dirección opuesta dentro del campo IAT debido a su anomalía positiva en Zr (y Hf). Los diagramas del “índice de subducción” y del “índice de empobrecimiento” de la fuente mantélica de la Figura 7 también permiten establecer diferencias entre los diferentes grupos, siendo generalmente mayor la signatura subductiva y menos empobrecida la fuente en las rocas del grupo I que en las del grupo II y, a su vez, que en las del III.

La Figura 8 y la Figura 9 permiten también comparar los contenidos de elementos traza entre las rocas máficas de la Formación Los Ranchos, los diques máficos subvolcánicos y las facies gabróicas en los batolitos. Las rocas volcánicas pobres en Ti de grupo II de la unidad basáltica inferior son similares en composición a los gabros masivos del batolito de Sabana Grande (JM9177). Los diques doleríticos sin-magmáticos (AD9037 y JM9090), los microgabros del batolito de El Valle (JM9274, río Guamira) y los cuerpos de diorita con hornblenda intermezclada en los batolitos con las tonalitas, son similares a las rocas volcánicas de grupo I de la unidad basáltica superior. Por lo tanto, la similitud en la composición de elementos traza y edad demuestra la relación genética entre las rocas volcánicas y subvolcánicas de la Formación Los Ranchos y los gabros de los batolitos tonalíticos.

### 3.2.2.5 Características geoquímicas de las rocas ácidas

Este grupo incluye las rocas volcánicas ácidas de la unidad riódacítica intermedia de la Formación Los Ranchos y las rocas tonalíticas y subordinadamente cuarzo-dioríticas que forman los batolitos. Colectivamente, las rocas volcánicas ácidas y las tonalitas son clasificadas como dacitas y riolitas en el diagrama catiónico Fe+Ti-Al-Mg (Figura 6), siguiendo una tendencia toleítica. Presentan valores de las relaciones Th-Yb y Y-Zr indicativos de una afinidad toleítica y transicional (Barrett y MacLean, 1999). El carácter cumulativo de la plagioclasa cálcica observado en láminas delgadas de las tonalitas, da lugar a una alta relación CaO/CaO+Na<sub>2</sub>O (y mayor Mg#; 36-28) en estos intrusivos que en las rocas volcánicas ácidas (Mg#=29-10). Todas estas rocas ácidas son pobres en K (K<sub>2</sub>O<0,94% en las tonalitas), TiO<sub>2</sub> (0,56-0,18%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (<0,1%) y Zr, respecto a las típicas rocas ácidas calco-alcálicas.

Las rocas volcánicas y las tonalitas presentan una distribución de REE plana o ligeramente empobrecida en LREE muy similar (respecto al manto primordial), lo que también sugiere una relación genética entre ellas; es decir, las rocas volcánicas ácidas son los equivalentes extrusivos de los batolitos tonalíticos. Las riódacitas y riolitas tienen valores de la relación [La/Yb]<sub>N</sub>=0,7-1,9 y las tonalitas y cuarzo-dioritas [La/Yb]<sub>N</sub>=0,4-1,4. Por lo tanto, carecen del típico moderado a fuerte enriquecimiento en LREE de las rocas ácidas calco-alcálicas y son interpretadas como de afinidad toleítica. Aunque la composición de elementos mayores de estas rocas es similar a la de los plagiogranitos formados en centros de apertura oceánica, en los diagramas de discriminación tectónica las muestras caen entre los campos de granitos de arco volcánico y de dorsal oceánica (VAG y ORG en la Fig. 5, Pearce et al., 1984). La afinidad VAG es compatible con la anomalía negativa en Nb en los diagramas de multielementales, característica de rocas de arco. Los valores de (εNd)<sub>i</sub> varían entre +9,0 y +9,6, siendo indicativos de una fuente mantélica empobrecida con un largo período de empobrecimiento de LREE.

El volcanismo en arcos intraoceánicos con un alto contenido en SiO<sub>2</sub> (>70%) y bajo en K, es generalmente interpretado como producto de la fusión parcial profunda de rocas máficas (Drummond y Defant, 1990; Smith et al., 2003; Tamura y Tatsumi, 2003). La ausencia de composiciones ricas en Sr y empobrecidas en HREE típicas de magmas adakíticos (Defant y Drummond, 1993; Martin, 1999), descarta un origen para los magmas ácidos a partir de la fusión de la lámina que subduce. Los procesos de fusión por deshidratación del material que

forma la corteza inferior del arco, como los propuestos para el arco de Kermadec (Smith et al., 2003), pueden generar por anatexia cortical el magmatismo ácido durante el desarrollo de un arco intraoceánico. Esto es compatible con la ausencia de rocas volcánicas de composiciones intermedias en la Formación Los Ranchos.

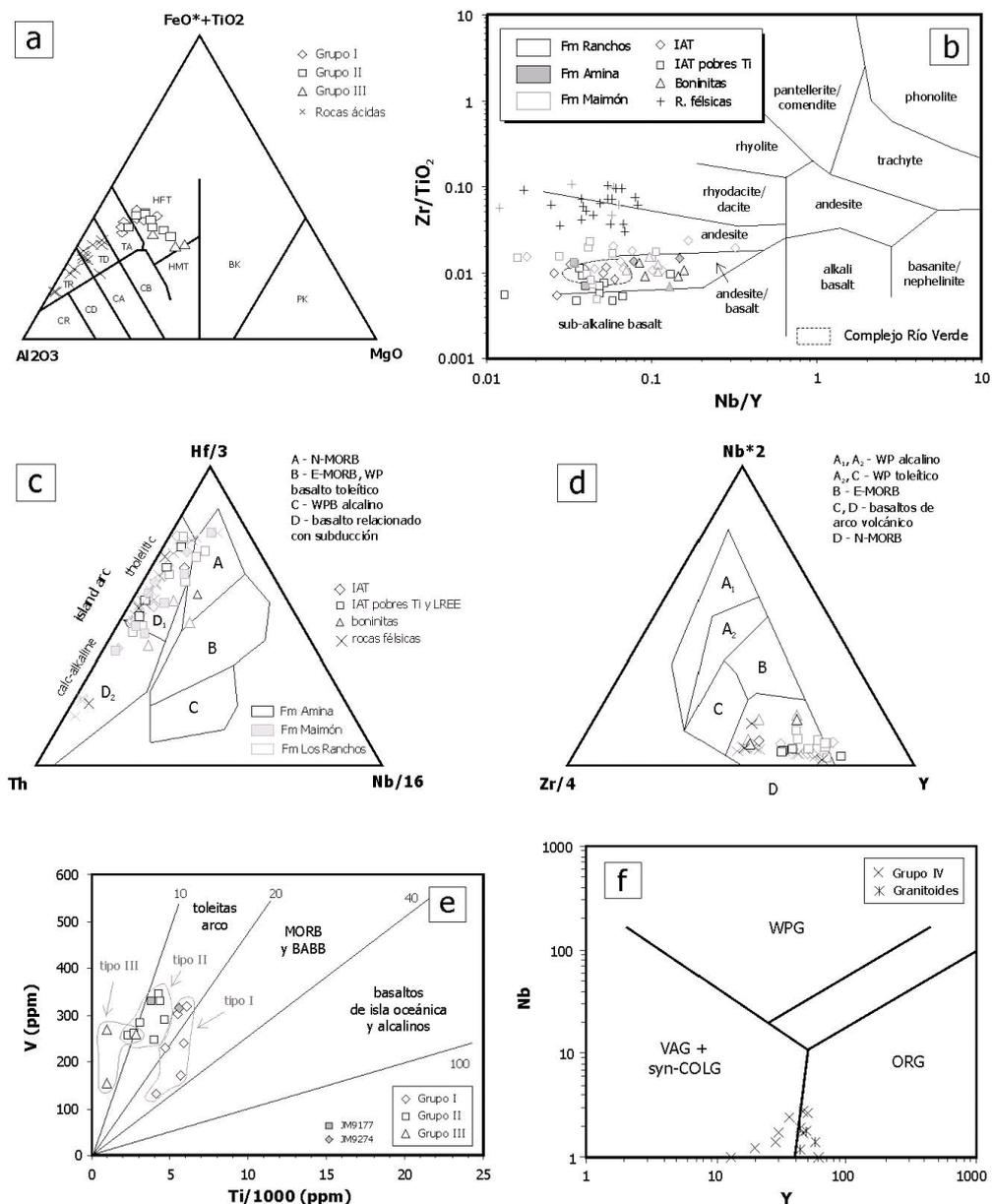


Figura 6: Formación Los Ranchos. (a) Diagrama triangular de Jensen (1976); (b) Diagrama Nb/Y frente a Zr/TiO<sub>2</sub> mostrando los campos composicionales del Complejo Río Verde; (c, d) Diagramas de Wood (1980); (e) Diagrama Ti-V de Shervais (1983); y (f)

Diagrama Y-Nb de Pearce (1983)

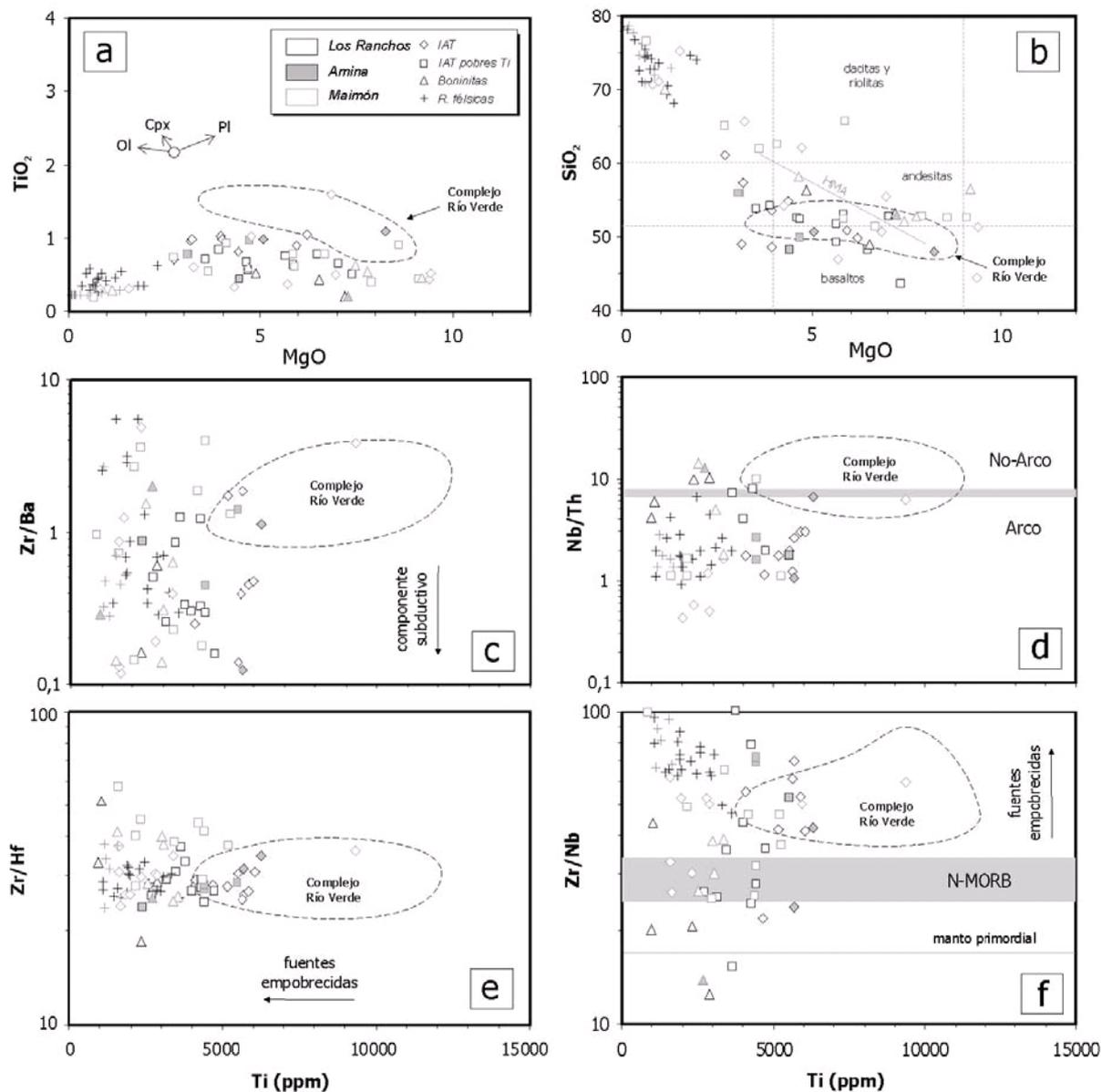


Figura 7: Formación Los Ranchos. (a y b) Diagramas de  $TiO_2$  y  $SiO_2$  frente al  $MgO$  (%wt.) para las rocas de la Formación Los Ranchos, mostrando también los campos composicionales del Complejo Río Verde; (c, d, e y f) Diagramas de  $Zr/Ba$ ,  $Nb/Th$ ,  $Zr/Hf$  y  $Zr/Nb$  frente al  $Ti$  (ppm) para las rocas de la Formación Los Ranchos, mostrando también los campos composicionales del Complejo Río Verde. HMA, campo de las andesitas ricas en  $MgO$ .

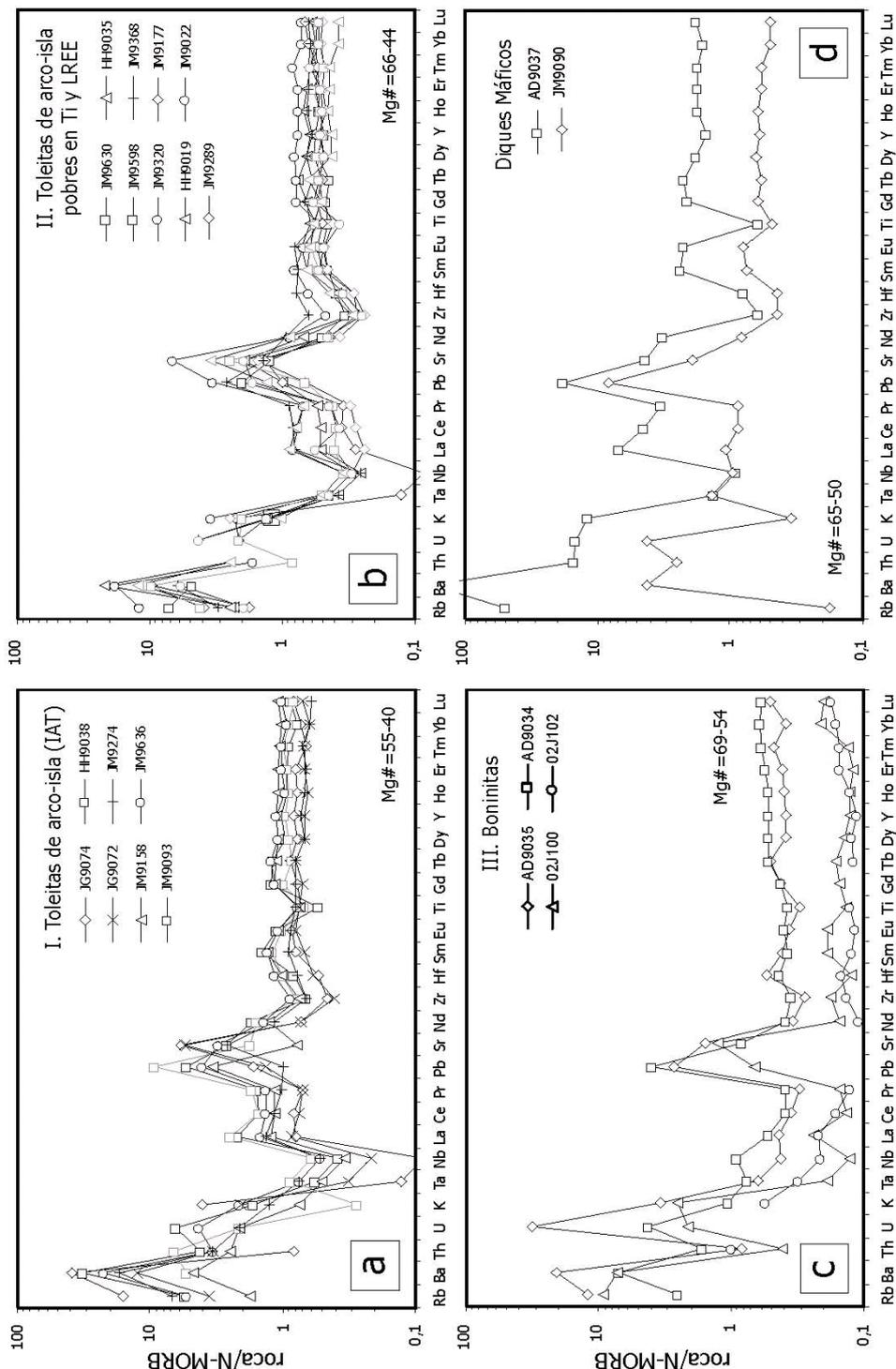


Figura 8: (a, b, c y d) Diagramas de elementos traza normalizados respecto a N-MORB (Sun y McDonough, 1989) para las rocas máficas de la Formación Los Ranchos y diques máficos relacionados.

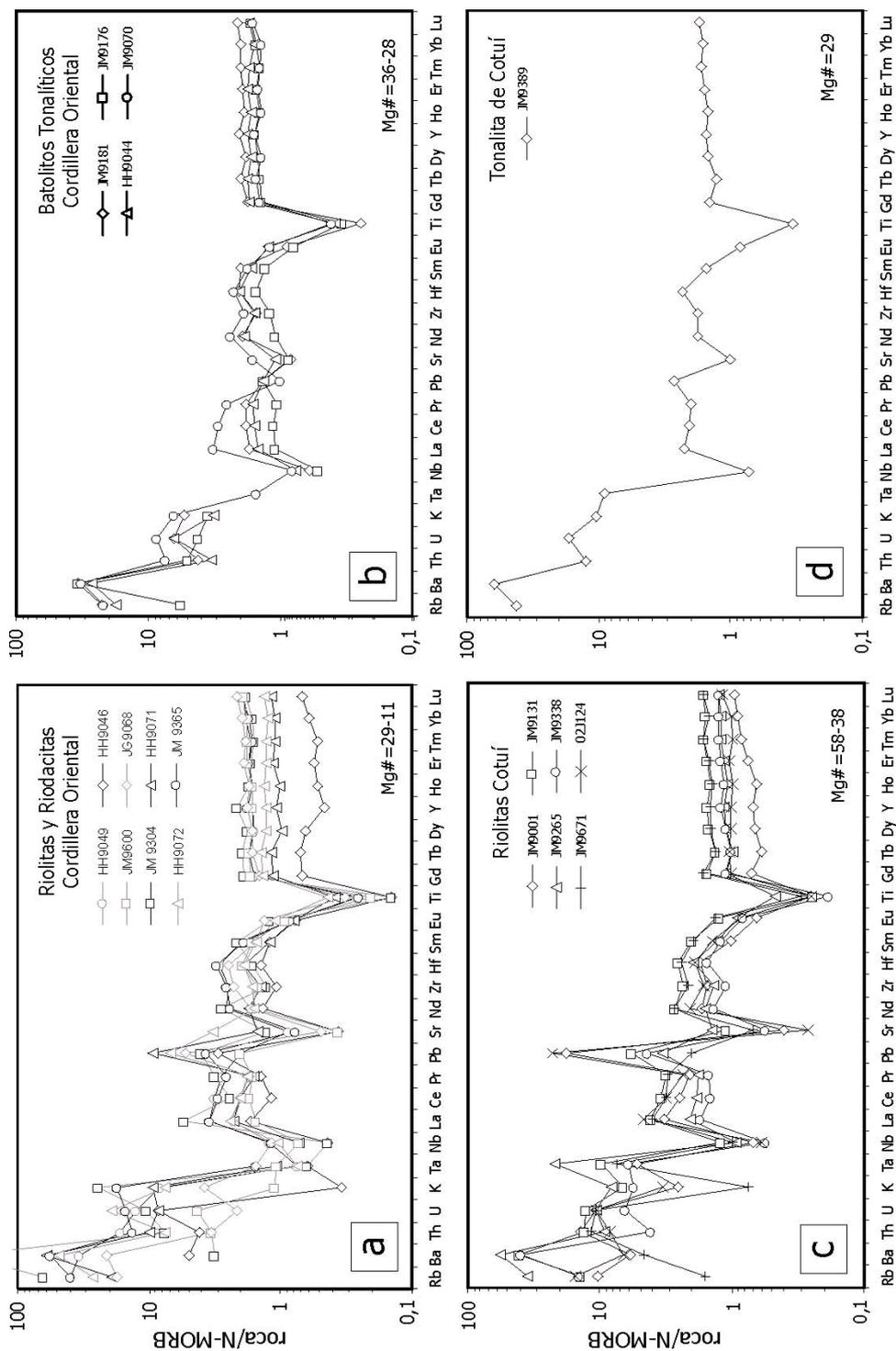


Figura 9: (a, b, c y d) Diagramas de elementos traza normalizados respecto a N-MORB (Sun y McDonough, 1989) para las rocas félsicas de la Formación Los Ranchos y batolitos tonalíticos relacionados.

<b>Hoja</b>	6173II									
<b>X</b>	-70,18751	-70,16896	-70,15013	-70,13839	-70,21975	-70,21427	-70,07959	-70,13541	-70,01869	-70,16295
<b>Y</b>	19,05086	19,06058	19,03770	19,01122	19,05416	19,03673	19,00396	19,00593	19,00363	19,01844
<b>Unidad</b>	LRFm									
<b>Muestra</b>	JM9001	JM9090	JM9093	JM9131	JM9265	JM9338	JM9368	JM9389	JM9630	JM9671
<b>SiO2</b>	73,88	52,73	50,88	74,5	63,24	74,25	51,6	71,14	53	73,53
<b>TiO2</b>	0,32	0,61	0,86	0,31	0,6	0,24	0,72	0,43	0,58	0,38
<b>Al2O3</b>	13,24	14,28	17,23	13,09	14,71	11,67	17,02	13,57	15,93	13,67
<b>Fe2O3</b>	2,87	7,52	9,51	2,56	6,57	2,58	8,18	3,76	9,28	2,88
<b>MgO</b>	1,97	7,05	5,94	0,69	2,32	0,79	5,65	0,78	5,87	0,99
<b>CaO</b>	0,31	11,66	6,95	1,25	4,73	2	8,16	3,23	6,67	0,81
<b>Na2O</b>	4,97	3,7	4,59	5,37	3,45	4,58	4,1	4,06	5,29	6,4
<b>K2O</b>	0,37	0,05	0,04	0,97	1,2	0,81	0,18	1,5	0,19	0,11
<b>P2O5</b>	0,06	0,08	0,09	0,05	0,1	0,04	0,07	0,07	0,05	0,1
<b>MnO</b>	0,08	0,08	0,13	0,04	0,14	0,06	0,15	0,04	0,17	0,08
<b>Cr2O3</b>	<0,002	0,056	0,035	<0,002	<0,002	<0,002	0,003	<0,002	0,013	<0,002
<b>LOI</b>	1,9	2	3,6	1,1	2,8	2,9	4	1,3	2,8	1
<b>C/TOT</b>	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	0,4	0,13	<0,02	0,04	0,05
<b>S/TOT</b>	0,36	<0,02	<0,02	0,24	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
<b>SUM</b>	99,95	99,83	99,82	99,94	99,88	99,96	99,85	99,92	99,84	99,97
<b>Mg#</b>	58	65	55	35	41	38	58	29	56	41
<b>Cs</b>	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,6	0,1	0,1	0,4	<0,1
<b>Tl</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Rb</b>	5,9	0,1	<0,1	7,8	19,5	8,1	1,7	23,9	4	0,9
<b>Ba</b>	37	27	34	261	355	249	39	392	30	29
<b>W</b>	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>Th</b>	1,7	0,3	0,8	1,6	1,1	0,5	<0,2	1,5	<0,2	1,4
<b>U</b>	0,5	0,2	0,1	0,6	0,5	0,3	0,2	0,8	0,1	0,5
<b>Nb</b>	1,6	2,2	1,4	2,8	2,2	1,3	0,6	1,7	0,7	2,3
<b>Ta</b>	0,7	4	0,8	1,3	2,9	0,8	0,7	1,2	0,9	1
<b>La</b>	8,1	2,7	6,1	10,3	5,2	4,3	2	5,7	1	9,9
<b>Ce</b>	18,6	6,6	11,3	26,2	14	10,8	6,2	15,3	2,9	23,8
<b>Pb</b>	16,6	2,5	2,8	1,7	1	1,3	0,8	0,8	0,6	0,6
<b>Pr</b>	2,72	1,14	2,26	4,2	2,36	1,96	1,16	2,66	0,57	4,06
<b>Mo</b>	0,4	0,3	0,2	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,2	0,2
<b>Sr</b>	36,9	170,8	161,4	99,6	127,6	50,5	125,6	91,3	110,5	61,8
<b>Nd</b>	12,2	5,9	11,4	19,6	11,7	10,1	6,8	13,1	3,6	19,7
<b>Sm</b>	2,7	1,98	3,12	5,38	3,44	3,19	2	4,05	1,21	5,14
<b>Zr</b>	115,8	33,3	58,5	173,5	103	83,1	46,8	130,9	24,9	159,7
<b>Hf</b>	3,6	0,9	2,1	5,3	4	3,2	1,6	4,7	0,8	5
<b>Eu</b>	0,67	0,82	1,04	1,28	0,93	0,85	0,83	0,85	0,51	1,35
<b>Sn</b>	<1	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<b>Sb</b>	0,2	0,2	0,2	0,5	0,3	0,2	0,4	0,2	<0,1	0,1
<b>Gd</b>	2,59	2,3	3,63	5,76	4,11	4,11	2,5	5,33	1,74	6
<b>Tb</b>	0,4	0,39	0,57	0,9	0,67	0,68	0,4	0,86	0,3	0,89
<b>Dy</b>	3,05	2,91	4,11	6,87	5,13	5,13	2,98	6,75	2,47	6,58
<b>Y</b>	19,6	17	26,5	42,8	32,1	34,6	16,5	43	13,5	40,3
<b>Ho</b>	0,66	0,62	0,92	1,48	1,1	1,15	0,66	1,52	0,53	1,45
<b>Er</b>	2,25	1,76	2,78	4,56	3,43	3,64	1,91	4,64	1,57	4,48
<b>Tm</b>	0,39	0,27	0,45	0,74	0,56	0,57	0,29	0,77	0,25	0,74
<b>Yb</b>	2,77	1,53	2,72	4,87	3,72	3,87	1,88	4,97	1,69	4,61
<b>Lu</b>	0,44	0,23	0,38	0,75	0,57	0,58	0,29	0,78	0,25	0,75
<b>Se</b>	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>As</b>	0,6	0,9	0,6	0,5	0,7	<0,5	4	<0,5	<0,5	<0,5
<b>Be</b>	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1
<b>Ga</b>	12,3	14,8	17	14,2	15,4	9,9	14,6	13,9	14,2	16,4
<b>V</b>	34	255	279	17	139	12	234	41	262	21
<b>Co</b>	3,5	15,6	33,1	2,7	12,9	2,4	29,2	5,6	31,9	2,9
<b>Ni</b>	1,5	20,5	78,3	2,1	4,1	0,8	14,2	1,1	24,2	0,8
<b>Cu</b>	4,8	6,4	2,4	6,4	24	6	26,1	2,5	99,2	2
<b>Zn</b>	94	6	63	30	51	50	59	13	54	42
<b>Cd</b>	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Sc</b>	7	29	38	9	21	10	34	13	40	10
<b>Ni</b>	<20	132	86	<20	<20	<20	<20	<20	36	<20
<b>Ag</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Bi</b>	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Hg</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Au</b>	0,5	<0,5	0,5	0,5	<0,5	<0,5	0,8	<0,5	1,7	0,5

Abreviaturas: LRFm, Formación Los Ranchos.

**Tabla 2: Resultados de análisis químico de las muestras del mapa de Cotuí.**

### 3.3 GEOCROLOGÍA

En la Hoja, se recogieron una muestra de la tonalita del Arroyo Piedra, al NO de la Presa de Hatillo, para su análisis geocronológico mediante el método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . Se trata de una tonalita con hornblenda y biotita accesoria, de grano medio a grueso. Se ha analizado en el *Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research, Earth and Ocean Sciences*, de la Universidad de British Columbia, en Vaucouver (Canadá). Ha proporcionado una edad de  $107,1 \pm 2,9$  Ma, definida por un *plateau* de hornblenda. Es comparable a la edad obtenida para las tonalitas del plutón de Zambrana ( $115 \pm 0,3$  Ma, U/Pb en roca total) en la Hoja Hatillo (Martín M., 2000); y las edades comprendidas entre 106 y 121 Ma (Albiano-Aptiano), obtenidas para las tonalitas de las Hojas de El Valle, Sabana Grande de Boya y Bayaguana, durante el anterior proyecto SYSMIN.

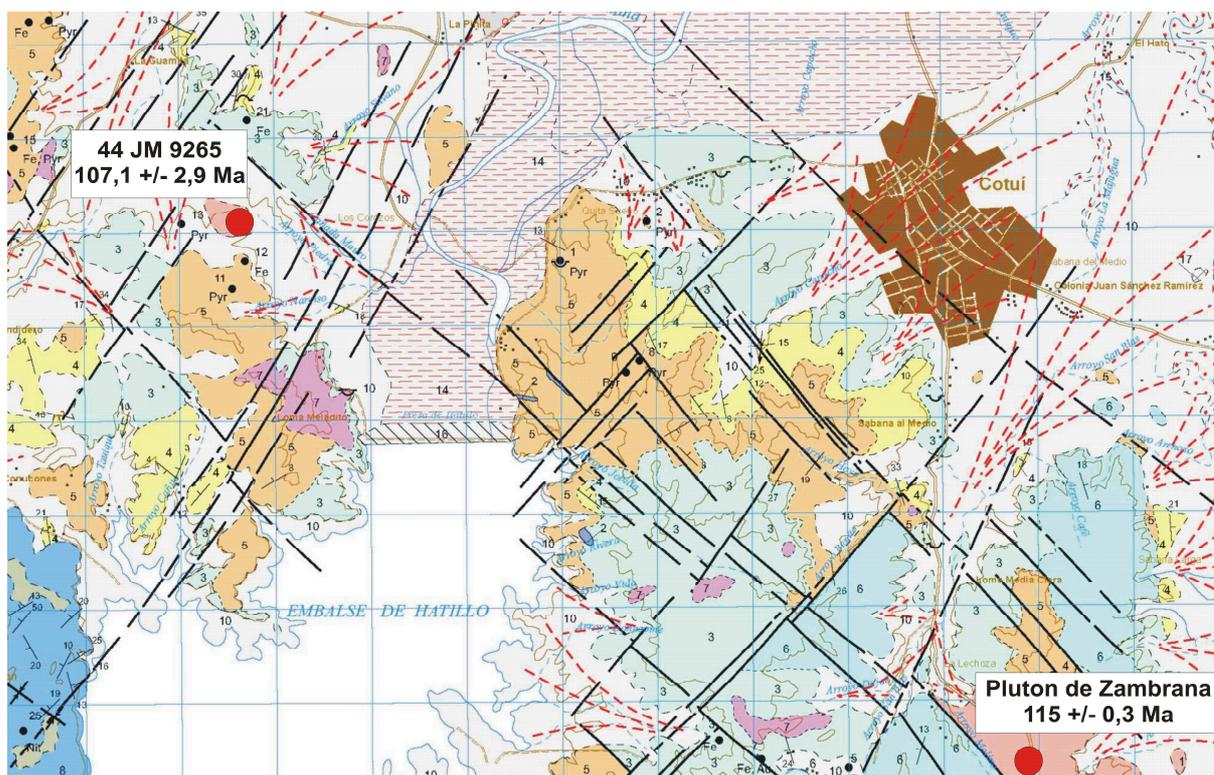


Figura 10: Localización y datación de la muestra recogida en el macizo del Arroyo Piedra.

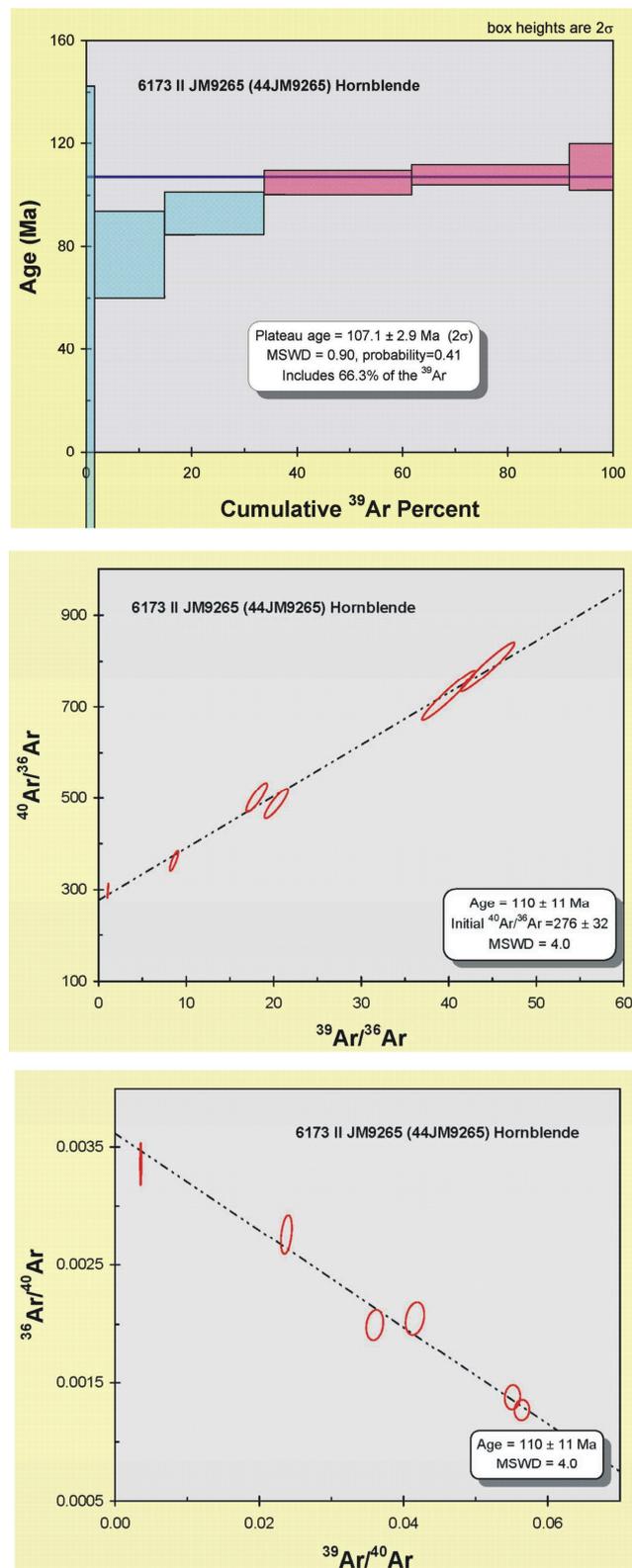
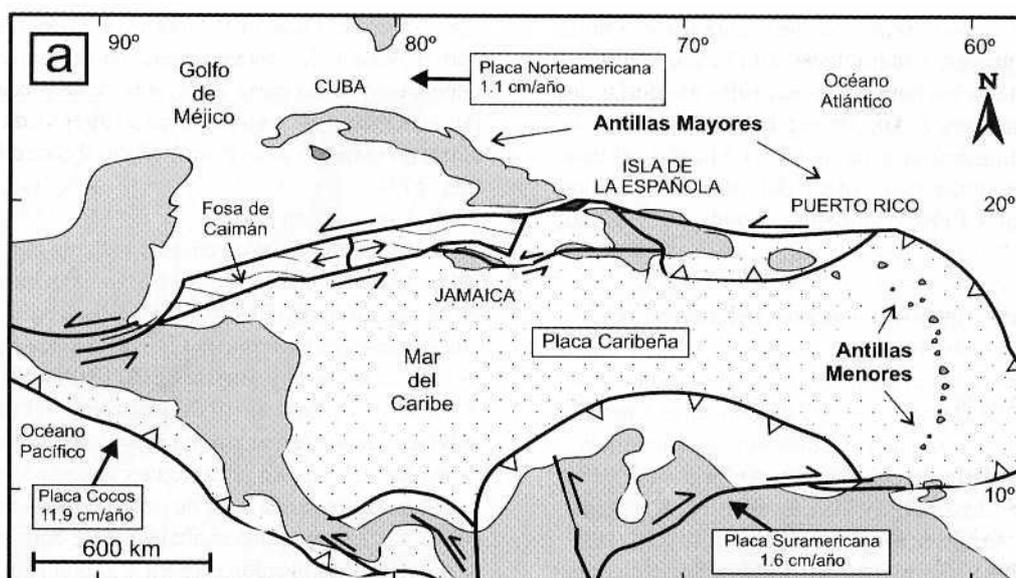


Figura 11: Diagramas con la edad "plateau" y las isocronas realizadas por el método Ar/Ar de la muestra 6173 II JM9265.

## 4 TECTÓNICA

### 4.1 MARCO GEODINÁMICO

La isla de La Española forma parte del archipiélago de las Antillas Mayores. Desde el punto de vista geodinámico, esta región está ubicada en el límite norte de una pequeña placa, la Placa Caribe que desempeña el papel de una zona de tapón entre la Placa de América del Norte, la Placa de América del Sur y las pequeñas placas del Pacífico Este; Placa Cocos y Placa Nazca (Figura 12).



**Figura 12: Posición de la Placa Caribe. La Isla de La Española está situada sobre la zona activa de desgarre sinistral que separa las placas norteamericana y caribeña (Lewis J.F. et al., 2002)**

Las Antillas Mayores: Cuba, Jamaica, La Española y Puerto Rico pertenecen a la cadena norte-caribe cuya estructuración mayor corresponde a la colisión del margen sur de la Placa de América del Norte, con el arco volcánico de la «Proto-Placa» Caribe al final del Cretácico (Figura 13 y Figura 14).

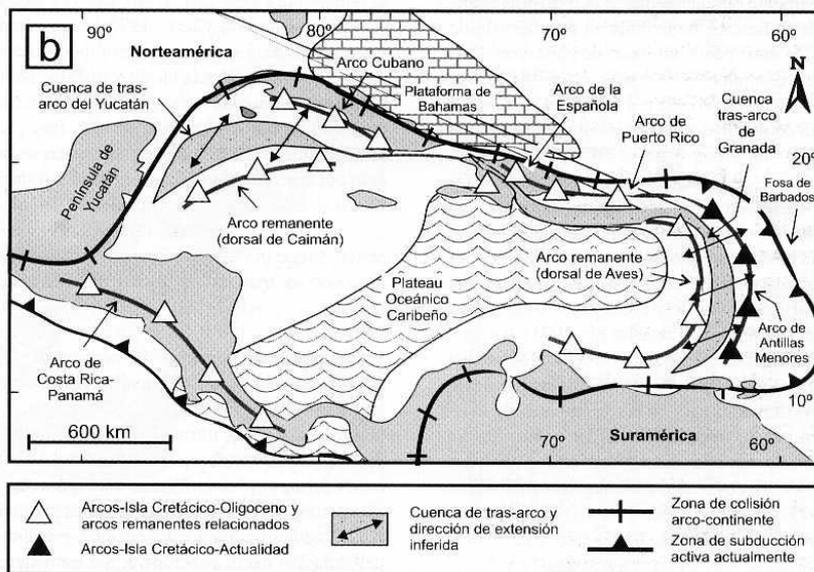


Figura 13: Principales elementos tectónicos del sistema de arco-ista circum-caribeño de edad Cretácico Superior – Eoceno. (Lewis J.F. et al., 2002)

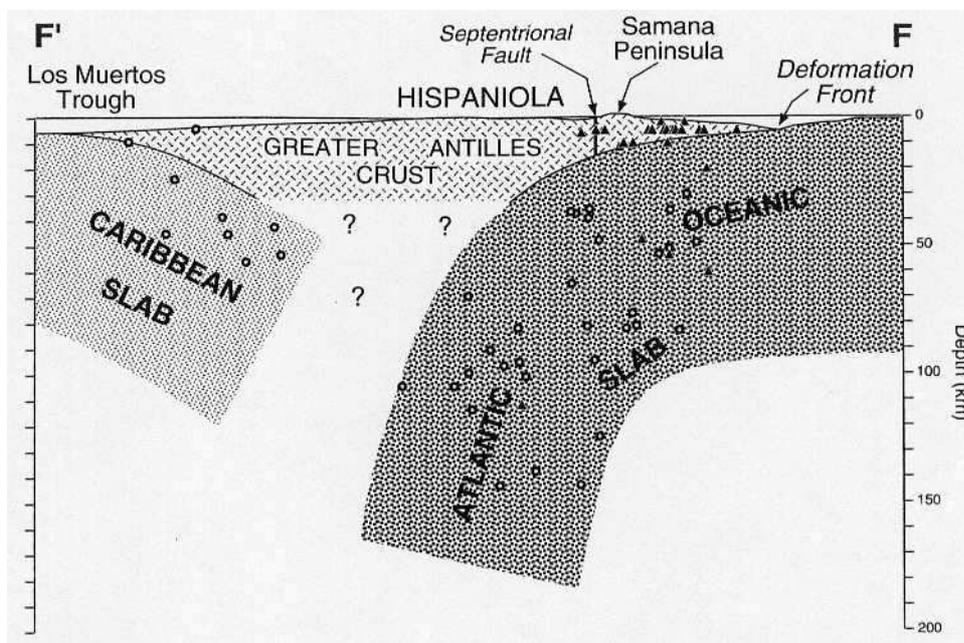
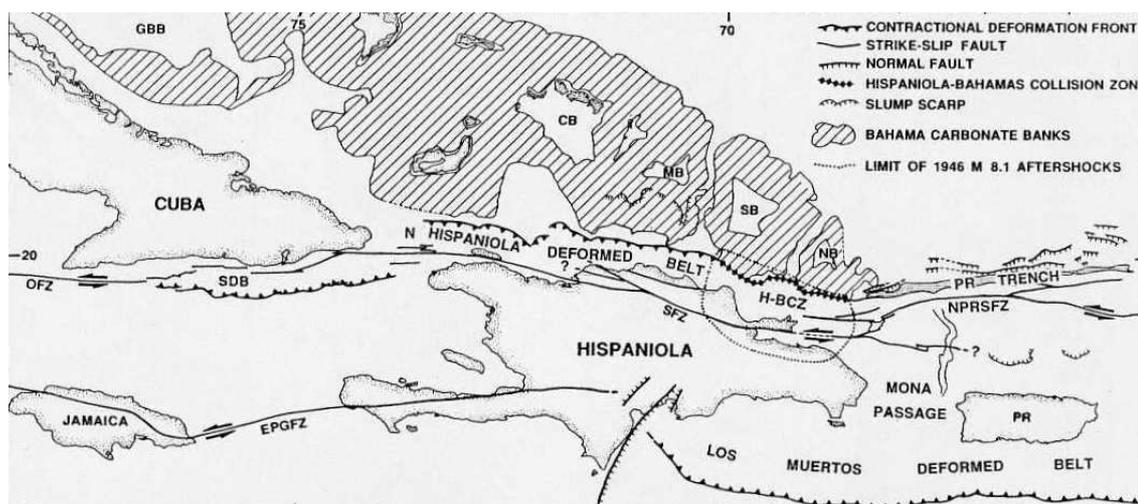


Figura 14: Corte interpretativo que permite visualizar las relaciones entre La Isla de La Española y las placas Norteamericana y Caribeña (Dolan J.F. et al., 1998)

En su configuración actual (Figura 15), las Antillas Mayores están cortadas en tiras, separadas las unas de las otras por grandes desgarros sinistros con dirección general E-O. Estas estructuras se insertan en un sistema de fallas transformantes complejas, el sistema Polochic/Caimán, activo desde el Terciario y cuya evolución, hasta los tiempos actuales, arrastra una estructuración nueva de la cadena.



**Figura 15: Posición de La Isla de La Española y relación de los principales cizallamientos sinistros con la falla transformante Polochic/Caiman (Dolan J.F. et al, 1998)**

Localizada en el borde norte de la placa Caribeña, la geología de La Española resulta de la convergencia oblicua OSO a SO del margen continental de la placa de Norteamérica con el sistema de arco isla Cretácico caribeño, la cual se inició por lo menos en el Eoceno y continúa en la actualidad (Donnelly et al., 1990; Mann et al., 1991; Draper et al., 1994). Las rocas del arco están regionalmente cubiertas por rocas sedimentarias siliciclásticas y carbonatadas de edad Eoceno Superior a Plioceno, que postdatan la actividad magmática del arco isla y registran la colisión oblicua arco-continente en el norte, así como la subducción activa en el margen meridional de la isla (Dolan et al., 1998; Mann, 1999). El conocimiento y la interpretación de esta evolución geodinámica se apoyan en los trabajos de una comunidad internacional de científicos. Desde hace varios años han sido objeto de numerosos artículos publicados principalmente por:

- la Sociedad Geológica de América, en "Special Paper 262" en 1991 (Mann P., Draper G. y Lewis J.F.) y de "Special Paper 326" en 1998 (Dolan J.F. y Mann P.);

- el Instituto de Ciencias de la Tierra “Jaume Almera” de la Universidad de Barcelona, en el volumen 37 del “Acta Geológica Hispánica” en 2002 (Pérez-Estaún A., Tavares I., García Cortés A. y Hernáiz Huerta P.P., Editores);
- el Instituto Geológico y Minero de España, con el Boletín Geológico y Minero, volumen 118 de Abril-Junio 2007, numero monográfico sobre la Geología de la Republica Dominicana (Pérez-Estaún A., Hernáiz Huerta P.P., Lopera E. y Joubert M., Editores).

Las diferentes figuras que ilustran nuestro propósito provienen de algunas de estas publicaciones.

## **4.2 ESTRUCTURA DE LA CORDILLERA ORIENTAL**

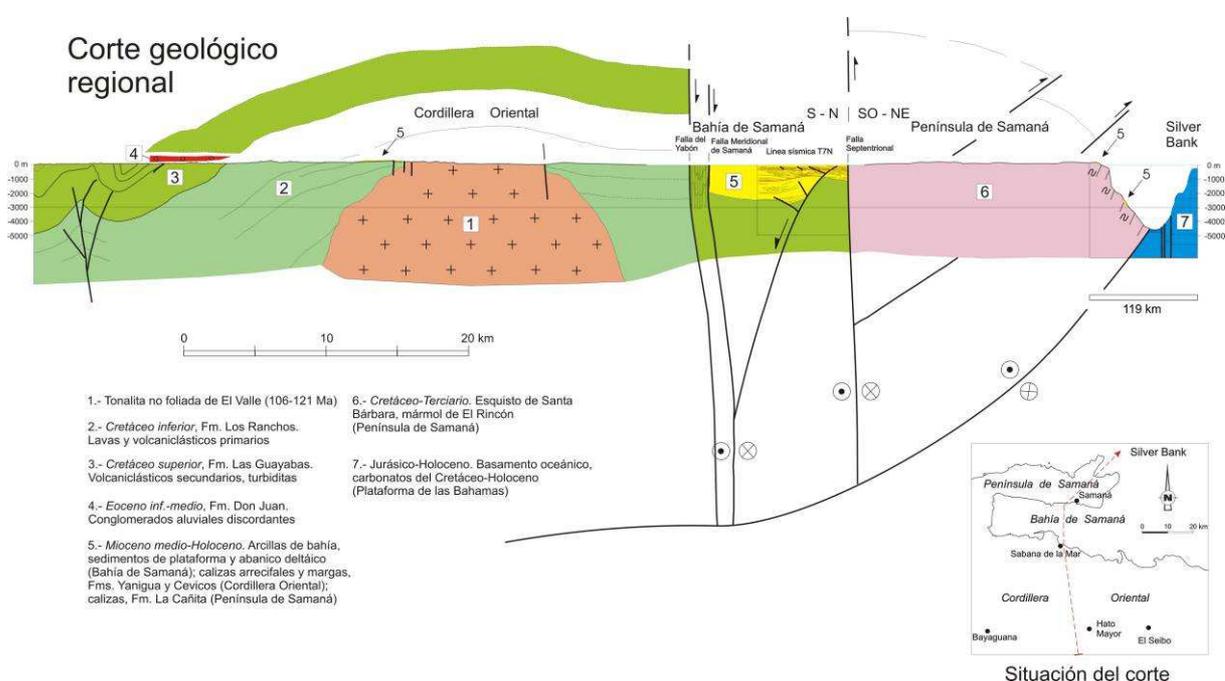
En el marco previo del proyecto Sysmin 2002-2004 (Proyecto L) la cartografía a escala 1:50 000 de 10 Hojas de la Cordillera Oriental ha permitido un avance considerable en el conocimiento estructural de esta porción de la República Dominicana. La memoria y las figuras que se muestran a continuación se han tomado de la síntesis estructural que acompañó a los trabajos previos (García-Senz J. *et al*, 2007).

La Cordillera Oriental se extiende Este-Oeste, con una longitud de unos 135 kilómetros y una anchura de unos 35 kilómetros, en el área adyacente a la costa sur de la Bahía de Samaná. Forma una sucesión de lomas incididas por una red de drenaje Norte-Sur que culminan a 736 metros de altura en Loma Vieja.

El límite norte de la Cordillera es la Falla Meridional de la Bahía de Samaná que forma parte del sistema de fallas que se extienden hacia el NO a lo largo de la Cuenca del Cibao (Dixon T.H. y Daily M.I., 1981; de Zoeten R. y Mann P., 1991; Edgar N.T., 1991). Al Oeste se halla separada de las rocas cretácicas que forman el Cinturón Intermedio por el cabalgamiento de Hatillo (Bowin C., 1966). Hacia el Sur los relieves de la Cordillera Oriental disminuyen su altura y las rocas plegadas que la forman son cubiertas en discordancia por calizas arrecifales de edad plio-cuaternaria.

La evolución tectónica y sedimentaria es resultado de la subducción y colisión oblicua entre el borde norte de la placa del Caribe y la plataforma de las Bahamas (Burke K. *et al.*, 1978).

Un corte geológico a través del límite de placas (Figura 16) sitúa la Cordillera Oriental como un gran bloque volcano-plutónico de edad cretácica adyacente a las fallas E-O que limitan la cuenca de la Bahía de Samaná, rellena por 2900 m de sedimentos plio-cuaternarios (Edgar N.T., 1991). El basamento de esta cuenca se cree formado por las mismas rocas cretácicas expuestas en la Cordillera Oriental y diferente de las rocas del complejo metamórfico que forma la Península de Samaná. La fosa entre la Península de Samaná y el Banco de Navidad está situada en el límite entre la placa del Caribe y la placa Norteamericana, como demuestra la actividad sísmica concentrada al Sur de la fosa (Dolan J.F. *et al.*, 1998).



**Figura 16: Corte geológico regional entre la Cordillera Oriental Dominicana y la plataforma de las Bahamas (García-Senz J. *et al.*, 2007). La interpretación de la línea sísmica T7N es de Edgar N.T. (1991), y se ha migrado usando los datos de velocidad del citado autor. El límite de placas marcado por focos de terremotos y la línea sísmica 12 se han extraído de Dolan J.F. *et al.* (1998). El perfil muestra la Fm Los Ranchos y la tonalita en el núcleo de la Cordillera, elevados sobre la placa subducida y erosionados por la Fm Don Juan (discordancia pre-Eoceno) y las fallas transformantes terciarias que limitan la Bahía de Samaná.**

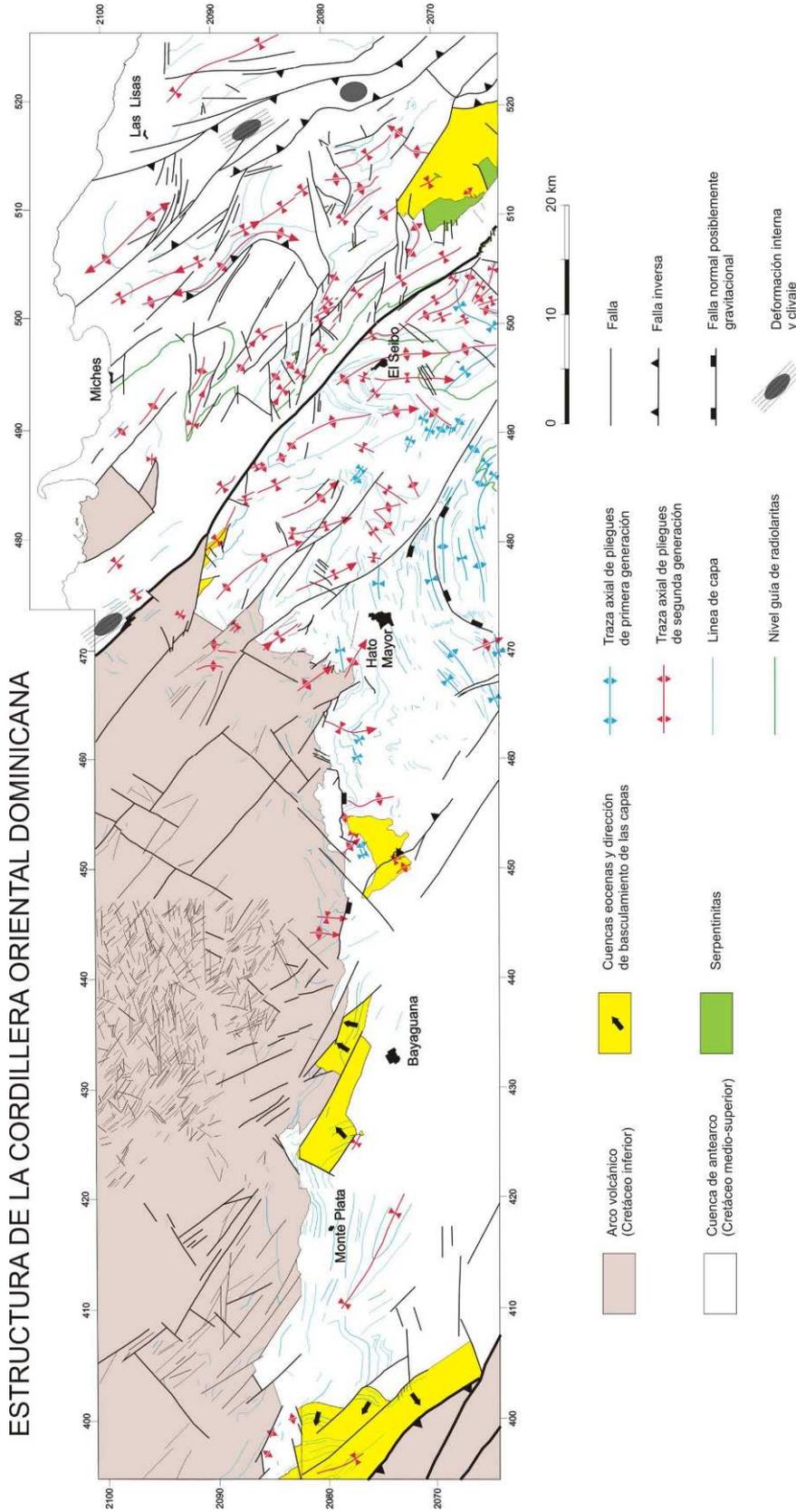
Bowin C. (1975) presenta un mapa geológico y un mapa estructural de la isla de La Española que incluye por primera vez elementos estructurales de la Cordillera Oriental. Esta área permaneció sin embargo como una de las menos conocidas de la isla hasta el trabajo de Bourdon L. (1985), que integra una cartografía geológica 1:100 000, cortes geológicos seriados y análisis de orientaciones. Bourdon reconoce dos unidades principales, El Seibo y El Oro, cada una con distinta serie estratigráfica y diferente estilo de deformación. El mapa

---

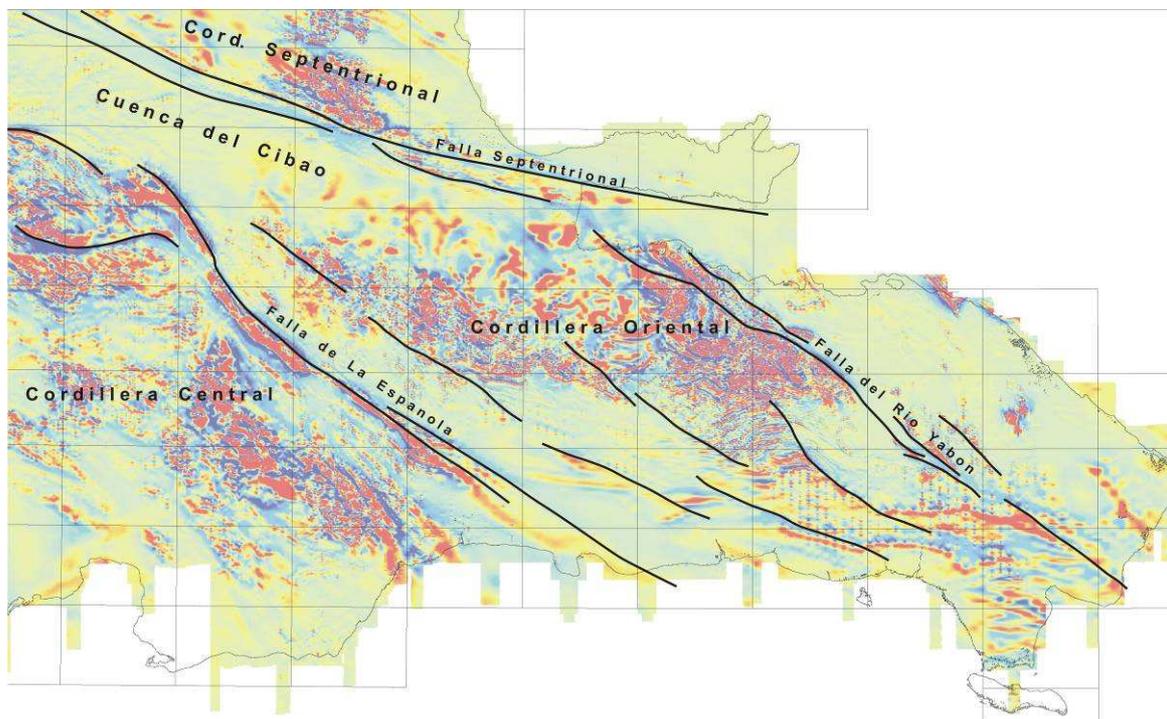
de Bourdon L. (1985) es reproducido casi sin cambios por Lebrón M.C. y Mann P. (1991), que aportan adicionalmente un corte geológico regional profundo, con pliegues de vergencia norte sobre una superficie de despegue situada a techo de la Formación Los Ranchos. Las cartografías geológicas 1:50 000 del proyecto SYSMIN 2003-2004 demuestran que las formaciones estratigráficas y los elementos estructurales cruzan los límites de las unidades del Seibo y del Oro y por tanto resulta innecesaria esta subdivisión, simplificando en gran medida la geología de la Cordillera.

Las rocas más antiguas que afloran son más de 3000 metros de rocas volcánicas (Fm Los Ranchos), cubiertas por una delgada plataforma (<300 m) de carbonatos de edad cretácico medio (Fm Hatillo), seguida de unos 5500 metros de areniscas y calizas de origen esencialmente turbidítico (formaciones del Cretácico Superior). Presentan un metamorfismo de bajo grado en facies de prehnita-pumpellita (Bourdon L., 1985) y se hallan intruidas por granitoides de edad cretácico. El conjunto forma el basamento de cuencas terciarias y cuaternarias.

A escala regional, la Cordillera es un gran antiformal ONO-ESE, que cierra hacia el Este, definiendo una amplia zona de charnela. En el núcleo del antiformal están expuestas las rocas del Cretácico Inferior y los granitoides intrusivos, mientras que las rocas del Cretácico Superior forman las capas externas. El flanco norte está cortado por la falla meridional de la Bahía de Samaná. La estructura antiformal está complicada por pliegues y fallas de superficie casi vertical con cizallas en dirección y componentes inversos y normales. Los pliegues dominan en las series estratificadas del Cretácico Superior y son raros en la pila de rocas volcánicas de la Formación Los Ranchos y en los granitoides intrusivos del núcleo del antiformal, que se hallan principalmente fracturados. La fracturación es más evidente cuando una cobertera de calizas plio-pleistocenas cubre a la Formación Los Ranchos, por ejemplo en el área al Norte de Bayaguana.



**Figura 17: Mapa tectónico de la Cordillera Oriental Dominicana con los principales elementos estructurales (García-Senz J. et al, 2007).**



**Figura 18: Campo magnético total reducido al polo, localización de las principales zonas de falla de la República Dominicana (Compagnie Générale de Géophysique, 1999).**

Fuera del área de culminación antiformal, la Fm Los Ranchos aflora en un área reducida al Oeste del pueblo de Miches. Ambos afloramientos están separados por la falla NO-SE del Yabón, activa desde el Terciario como una falla en dirección levógira (Hernández J.B., 1980; Bourdon L., 1985). Esta falla produce una señal marcada en el mapa geomagnético y tiene asociadas protrusiones (intrusiones tectónicas) de rocas ultramáficas de origen mantélico emplazadas en el Cretácico Superior. Se trata por tanto de una falla en dirección que ha evolucionado a partir de una falla cortical en la cuenca de ante-arco.

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

Un poco mejor caracterizada desde el punto de vista estructural es la discordancia de la base del Cretácico Superior entre la Caliza de Hatillo y la Formación Las Guayabas. Entre las poblaciones de Hato Mayor y Bayaguana hay familias de fallas NO-SE, NE-SO y E-O que muestran erosión en sus bloques, con cambios bruscos de espesor de la caliza de Hatillo, que puede estar totalmente omitida. Se interpretan como fallas que acomodan la extensión inicial en la cuenca de ante-arco. Otras fallas de una escala mayor cortan en rampa 1,2 km de la parte alta del Cretácico Superior al Sureste de Hato Mayor. Aunque la homogeneidad litológica de la Fm Las Guayabas impide reconocer la separación estratigráfica en ambos bloques, la opción más plausible es que se trata de fallas de perfil lístrico que extienden hacia el Sur los sedimentos en el talud submarino. Análogos de pequeña escala se observan en cortes de taludes en la Hoja de Monte Plata. Estas observaciones indican que las fallas extensivas gravitacionales de diferentes escalas son un elemento característico de la cuenca de ante-arco del Cretácico Superior, y que las más antiguas se asocian al evento erosional que trunca la Caliza de Hatillo y Los Ranchos.

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

El paralelismo de los pliegues de primera generación al contacto cartográfico entre Los Ranchos y las formaciones del Cretácico Superior sugiere una relación genética entre el plegamiento contractivo y el basculamiento monoclinial hacia el Sur y Sureste de las series cretácicas. Su efecto en la Cordillera Oriental fue la contracción, elevación y basculamiento hacia el arco del borde de la placa del Caribe sobre la placa subducida (Figura 16) y la protrusión hasta la superficie de rocas ultramáficas serpentinizadas. La deformación ocurrió antes del Eoceno (Bourdon L., 1985), edad del conglomerado de Don Juan, que erosiona terrenos más antiguos hacia el Norte, llegando a yacer sobre la Formación Los Ranchos al Oeste de Hato Mayor.

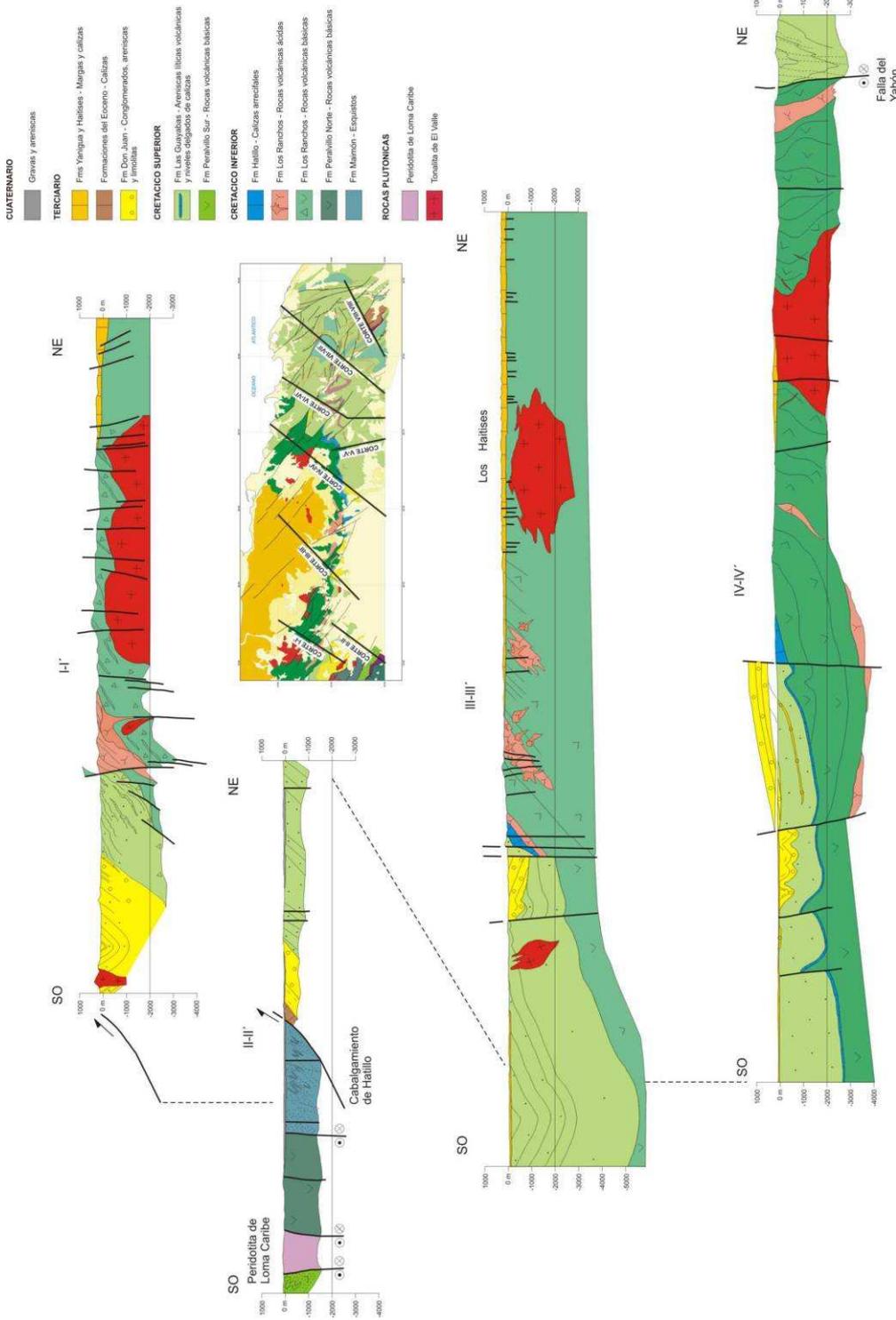
La deformación finicretácica en la Cordillera Oriental coincide con el cese de la principal actividad volcánico-plutónica en La Española y es correlativa a la fase de deformación regional que afecta a las Antillas Mayores entre el Campaniano y el Eoceno, para la que se

ha invocado diversos contextos geotectónicos (Bourdon L., 1985; Pindell J.L. y Barret S.F., 1990; Mann P. *et al.*, 1991; Draper G. y Lewis J.F., 1991).

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

Los pliegues de segunda generación y sistemas de cizallas asociadas que se desarrollaron entre el Eoceno y la Actualidad representan la deformación post-acrecional y post-colisión del arco de islas. Su frecuencia crece en la zona que rodea a la falla del Yabón, disminuye entre Hato Mayor y Monte Plata y vuelve a incrementarse en el área al Oeste de Monte Plata, por la deformación asociada a las zonas de cizalla que forman el límite NE de la Cordillera Central (Bowin C., 1966; Boisseau M., 1987; Draper G. *et al.*, 1996).

En el lado suroeste de la falla del Yabón los pliegues se disponen "en echelon" con un escalonamiento levógiro a ángulos de aproximadamente 20° respecto a la superficie de la falla, indicando un movimiento horizontal convergente levógiro. En contraste, los pliegues adyacentes al lado noreste son de traza subparalela. La falla y tal vez las diferencias reológicas del basamento en ambos bloques inducen la partición del esfuerzo de cizalla pura, resultando estructuras contractivas con desplazamiento oblicuo en el lado occidental de la falla y contractivas en el lado oriental. Otras fallas NO-SE a NNO-SSE entre las poblaciones de Miches y Las Lisas, exhiben en superficie una componente inversa notable y forman bloques elevados de doble vergencia como el de Loma Vieja, la máxima altura de la Cordillera. Adicionalmente, cizallas de Riedel ONO-ESE (con ligeros cambios de ángulo debidos a rotaciones) cortan a pliegues en el bloque nororiental de la falla del Yabón, que resultan deformados como domos, semi-anticlinales y semi-sinclinales, con un patrón similar al reproducido por Harding T.P. y Lowell J.D. (1979) en modelos de arcilla.



**Figura 19: Cortes geológicos seriados (I-I' a IV-IV') de la Cordillera Oriental Dominicana (García-Senz J. et al, 2007).**

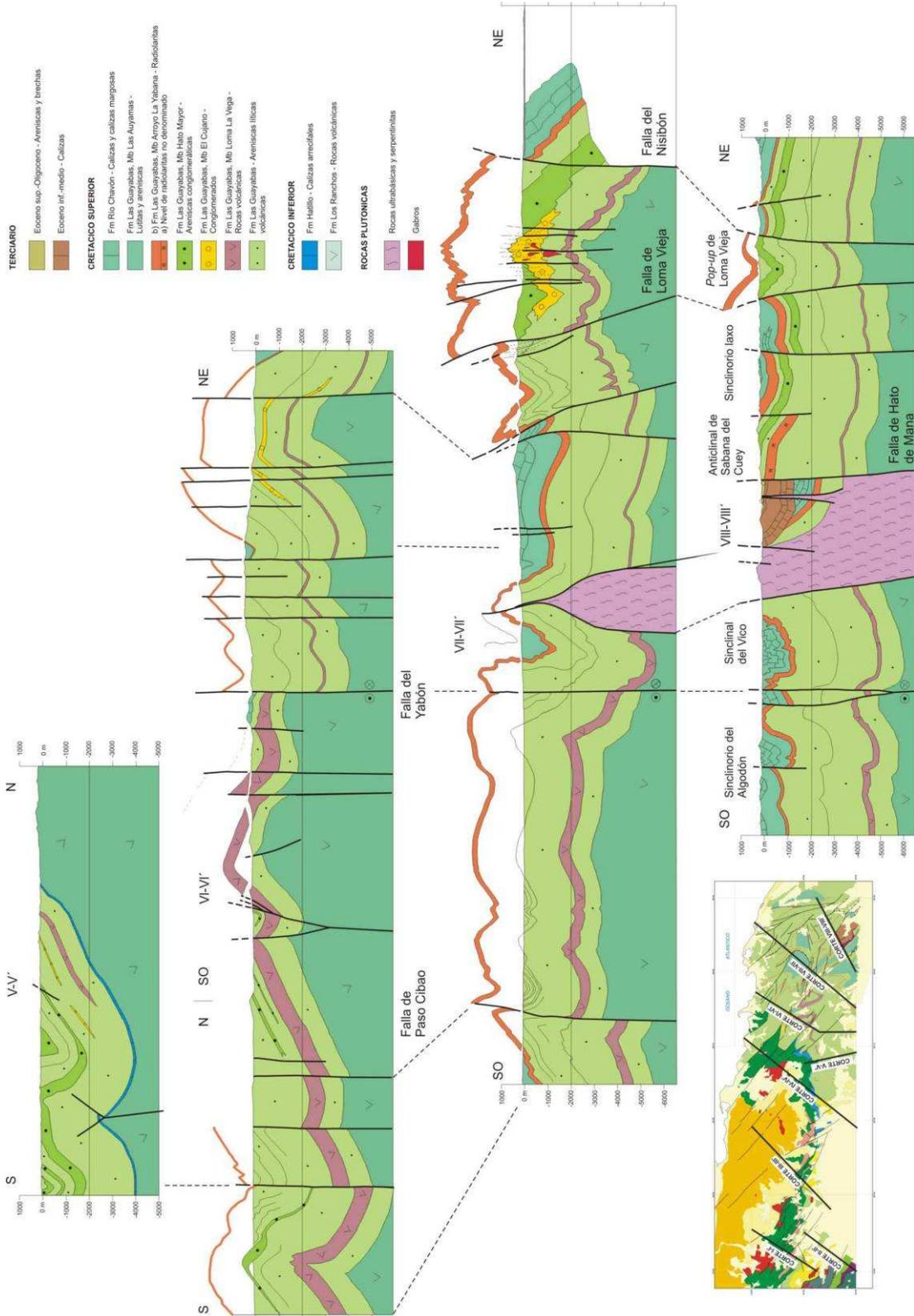


Figura 20: Cortes geológicos seriados (V-V' a VIII-VIII') de la Cordillera Oriental Dominicana (García-Senz J. et al, 2007).

El perfil de los pliegues, generalmente abierto, cambia a apretado de tipo acordeón en el área adyacente a fallas importantes como la del Yabón, o en bloques empujados y elevados como el de Loma Vieja. La configuración del sinclinorio situado al Sureste de El Seibo es cónica, con líneas de charnela que divergen hacia el SE en la dirección de movimiento de la falla del Yabón. La mecánica del plegamiento por cizalla convergente que se invoca usualmente para explicar la formación de estos pliegues (ej. Silvester A.G., 1988) no requiere la existencia de una superficie de despegue somera a techo de la Formación Los Ranchos como proponen Mann P. *et al.* (1991).

La región de máximo acortamiento con desarrollo de clivaje se sitúa próxima a la costa norte, entre las poblaciones de Miches y Las Lisas. El clivaje prácticamente desaparece siguiendo el eje de los pliegues hacia el Sureste. Existe por tanto una variación de acortamiento subperpendicular a las superficies axiales, que Bourdon L. (1985) interpretó erróneamente como la evidencia de dos unidades, El Seibo y El Oro con una historia tectónica y estratigráfica diferente y que Mann P. *et al.* (1991) llevan a la categoría de “terrenos”

Para Burke K. *et al.* (1980), Mann P. *et al.*, (1984) y Dolan J.F. *et al.* (1998), la transpresión es resultado de la orientación E-O de las fallas de Samaná, que se separa de la dirección OSO-ENE del movimiento de las placas, lo que produce una restricción a la traslación lateral de la placa del Caribe. En este contexto, las fallas E-O de Samaná constituyen la zona principal de cizalla, acomodando una parte importante de la traslación, mientras que los pliegues y fallas NO-SE de la Cordillera acomodan la mayor parte de la laminación mecánica y el acortamiento intraplaca.

En la actualidad, el borde norte de La Española es una zona activa de cizalla, con deformación y sismicidad. Edgar N.T. (1991) reconoce deformación reciente en las líneas sísmicas superficiales bajo el agua de la Bahía de Samaná y Winslow M.A. *et al.* (1991) en la continuidad de estas estructuras hacia tierra por el bloque de San Francisco. La tectónica activa en la Cordillera Oriental es evidente en la elevación del arrecife plio-cuaternario, que originalmente se extendía de costa a costa en el Este de la isla y actualmente presenta un relieve estructural superior a 400 metros. El plegamiento del arrecife es pasivo, adaptado a la componente vertical de movimiento de fallas de desgarre ONO-ESE y NE-SO. Entre los rasgos geomorfológicos destacan la superficie de erosión argilitizada al Sur de Miches,

numerosos relieves de lomas paralelos a escarpes de fallas y el control de la red hidrográfica. Este último se evidencia a pequeña escala en el trazado rectilíneo de los arroyos y a gran escala en el drenaje dominante hacia el Sur. La causa última es la disimetría impuesta por las fallas bajo la Bahía de Samaná, que deprimen abruptamente el bloque norte adyacente al máximo relieve de la Cordillera.

### **4.3 CARÁCTERÍSTICAS DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS Y UNIDADES TECTÓNICAS DE LA HOJA COTUI**

La Hoja de Cotuí está localizada en el límite NO de la Cordillera Oriental. Se distinguen al menos 3 unidades morfológicas y estructurales: la totalidad de la parte meridional de la Hoja está constituida por el substrato volcánico de la Fm Los Ranchos, esta es la región de las colinas; los terrenos orientales de la Hoja se corresponden con la plataforma de Los Haitises; los valles aluviales de los ríos Yuna y Camú deben relacionarse con la Cuenca del Cibao.

#### **4.3.1 El dominio de la Cordillera Oriental**

Los terrenos volcánicos de la Fm Los Ranchos y algunas partes de Las Calizas de Hatillo conforman un apilamiento de potencia superior a 1000 m, se identifican por su geometría ondulada de gran radio de curvatura. Es necesario decir que, con excepción de los niveles epiclásticos, es muy difícil identificar el buzamiento de las unidades de basaltos y riolitas de la Fm Los Ranchos, del mismo modo ocurre con las calizas masivas de la Fm Hatillo. Cuando son visibles, los buzamientos son moderados con valores entre 10 et 30°. El único pliegue real está localizado en el borde SO de la Hoja. Se corresponden con un sinclinal donde en su núcleo se localizan las calizas de la Fm Hatillo.

En esta porción de la Cordillera Oriental, la estructuración está dominada por un doble sistema de fracturas aproximadamente perpendiculares: NO-SE y NE-SO. Las fallas de dirección NO-SE son de extensión pluri-kilométrica; éstas se cortan y desplazan, a menudo de manera dextral, por las fallas de dirección NE-SO. Las diferentes fallas son rectilíneas, subverticales, son raramente continuas en largas distancias pero a menudo con ordenación en haces en las que las fallas se entrecruzan unas sobre otras. En las rocas volcánicas, las fallas están acompañadas por los sistemas de alteración hidrotermal con pirita diseminada y

generación de material arcilloso blanco, estos últimos relacionados con los productos de oxidación de la pirita.

En la Fm Los Ranchos, las asociaciones de facies nos sugieren que existen numerosas zonas antiguas de emisión volcánica (paleovolcanes), como se muestra claramente en el medioambiente de Pueblo Viejo. Localizamos estos paleovolcanes, por el esquema estructural, en el margen de la hoja geológica. Las facies basálticas constituyen un basamento aproximadamente tabular en el que las facies andesíticas y riolíticas intruyen y generan cuerpos parcialmente globulares, en parte interestratificados en los basaltos, en forma de alcoholitos y lopolitos. Las intrusiones de tonalita constituyen batolitos. Éstos desarrollan en su borde una aureola de metamorfismo de contacto de extensión limitada. En las rocas volcánicas básicas, la aureola de contacto es pequeña: de color más oscuro, fracturación más isótropa, fina impregnación de pirita.

#### **4.3.2 La plataforma de Los Haitises**

Los Haitises constituyen un conjunto tabular que se sitúa de forma discordante sobre el substrato Cretácico. El buzamiento es inferior a 5° aunque no es siempre visible. La altitud de la superficie del muro de esta formación es variable según los sectores, con una cota de 100 m a lo largo de la carretera entre Cotuí y La Cueva. La plataforma tiene un estilo morfológico muy particular debido a la alteración kárstica que ha desarrollado un complejo sistema de montículos y dolinas. La fracturación condiciona la intensidad de la alteración, en general, las alineaciones de dolinas se traducen inevitablemente en la existencia de fallas o fracturas. En el seno de esta plataforma, se localiza un sistema de fracturas conjugadas: NE-SO et NO-SE.

#### **4.3.3 La Cuenca del Cibao**

Durante la realización de la Hoja de Cotuí, no se dispone de ningún dato nuevo, de geofísica o sondeos por ejemplo, que permitan precisar la naturaleza del substrato, el grado de subsidencia y el grosor del recubrimiento aluvial cuaternario de esta parte de la Cuenca del Cibao. Las hipótesis realizadas por N.T. Edgar (1991) siguen siendo actuales en cuanto al origen y morfología de la cuenca de hundimiento: la profunda estructura está probablemente afectada por la cizalla satélite de la Falla Septentrional; las fallas transcurrentes donde se facilita la acumulación de cerca de 3000 m de sedimento durante el Plio-Cuaternario. En la

---

zona de la cuenca, la actividad tectónica ha generado las frecuentes variaciones en el curso de los ríos.

La Falla meridional de la Bahía de Samaná constituye, en la mitad occidental de la Hoja, el límite de extensión de la Cuenca del Cibao. Su traza es neta, con una dirección aproximada E-O. Se diferencia por un escarpe rocoso de 75-100 m en el borde Norte de la plataforma de Los Haitises. En detalle, esta falla de hundimiento está truncada y desplazada por un sistema de fracturas menores de dirección NNE-SSO et NNO-SSE. Hacia el Oeste, en Platanal y en el curso del río Yuna, la traza de esta falla desaparece completamente. La interrupción se debe probablemente a un sistema de fallas rectilíneas NO-SE que produce en contacto entre el substrato Cretácico y la cobertera de Los Haitises, a lo largo del valle del río Chacuey.

En el seno de esta parte de la Cuenca del Cibao, sugerimos dos fallas de dirección N110-120°E. Las fallas se corresponden con profundas fracturas que canalizan los ríos, una en el cauce del río Camú al Norte de Sabana de Angelina, la segunda en el río Yuna en la confluencia con el río Camú. Ambas fallas son susceptibles de haber actuado recientemente. El sector de Sabana de Angelina es confuso, ya que constituye una elevación que destaca netamente en el relieve llano que lo circunda. Ningún afloramiento particular ha sido estudiado, ya que la zona está cubierta por pastizales encharcados. Podría tratarse de una sub-elevación asociada a actividad tectónica reciente, como se ha definido en la otra parte de la Cuenca del Cibao con la Elevación de San Francisco, como una estructura tipo "pop-up", en relación con la Falla Septentrional.

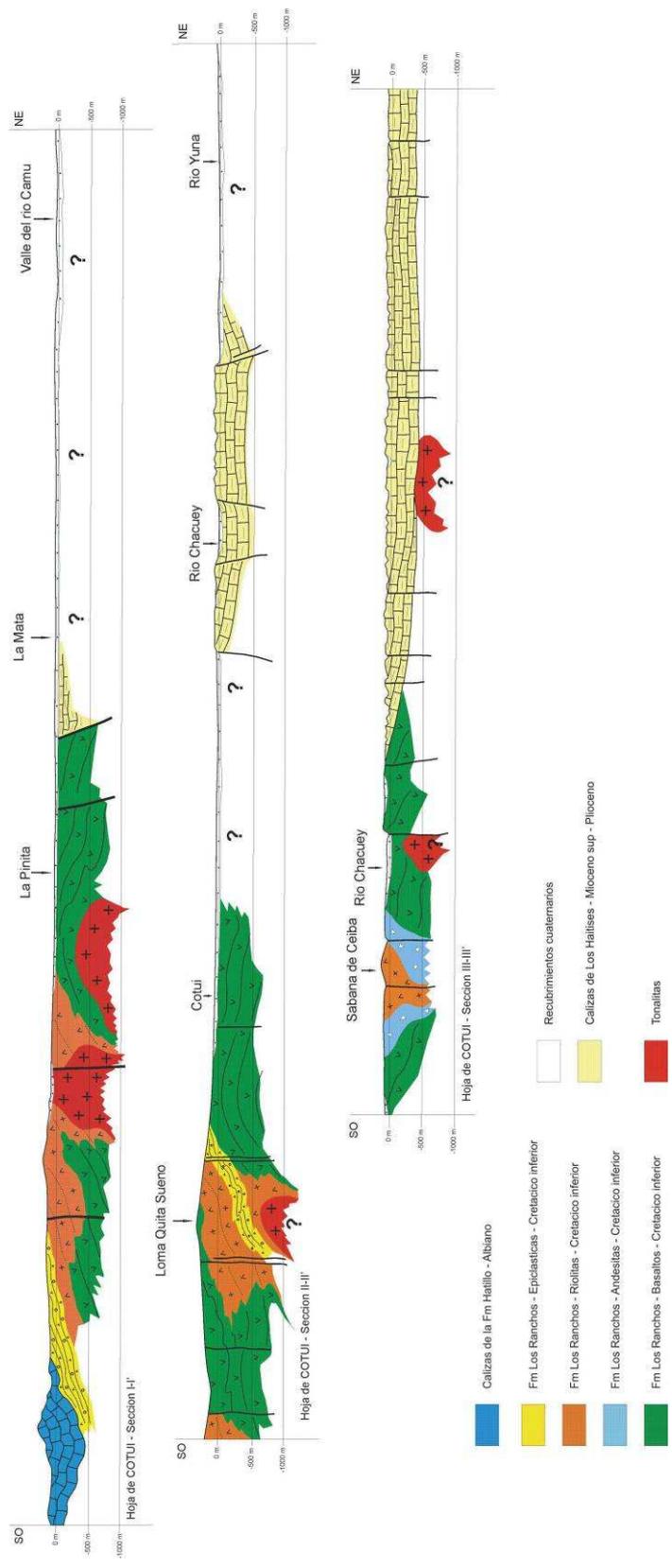


Figura 21: Cortes geológicos de la Hoja de Cotuí.

## **5 GEOMORFOLOGÍA**

### **5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

La Hoja de Cotuí queda definida principalmente por los bajos desniveles de las planicies de la cuenca del Yuna y su principal afluente, el Camú, que divide la Hoja en tres partes principales: En el SO encontramos estribaciones montañosas de la Cordillera Oriental, en el centro el Valle del Cibao, representado por las llanuras de inundación de los ríos Chacuey y Maguaca, afluentes del Yuna, y en el E aparece la peculiar morfología kárstica de los Haitises, en forma de mogotes y colinas, marcados por una intensa meteorización química, con cotas que pueden superar los 100 msnm.

Los niveles topográficos de la Hoja vienen condicionados por estas zonas estructurales principales, oscilando desde los 28 msnm en la zona de confluencia del Camú con el Yuna, hasta los 353 msnm en la Loma Quita Sueño dentro de la zona montañosa de la Cordillera Oriental.

La red de drenaje de la Hoja pertenece a la vertiente Norte (o del Atlántico) y se halla condicionada por la presencia de dos grandes ríos, el Camú y el Yuna, a los que desembocan la gran parte de los arroyos y ríos menores de la Hoja. Pese a que el Camú ha desarrollado una gran llanura aluvial, éste a su vez pertenece a la cuenca hidrográfica del Yuna, ya que desemboca en él en “El Rincón de Camú”, en el este, cerca del poblado de Pimentel. Hacia el E, el Yuna sigue su camino en dirección al mar, hasta desembocar en la Bahía de Samaná.

Los ríos fluyen desde la Cordillera Oriental hacia el curso del Yuna y del Camú, de S a N.

### **5.2 FORMAS GEOMORFOLÓGICAS**

El modelado de la Cordillera Oriental es el producto de una larga evolución presidida por los procesos geodinámicos internos (ígneos y tectónicos) acaecidos a lo largo del periodo Cretácico-Terciario, generadores de relieves positivos, sobre los que han actuado, con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o modelado de dichos relieves, destacando los de carácter fluvial y poligénico.

---

### 5.2.1 Estructurales

La influencia tectónica en el origen y configuración del relieve queda reflejada en las denominadas formas estructurales. La alternancia de capas de roca con diferente respuesta al ataque de los agentes externos propicia la erosión diferencial reflejando en la morfología caracteres geológicos estructurales. Es, por tanto, la estructura geológica la que controla el relieve. Los agentes externos sólo descubren y modelan sobre un patrón preestablecido.

Las formas estructurales tienen una importancia morfogenética notable en la Hoja de Cotuí en las estructuras montañosas y de los Haitises.

Las fallas con expresión morfológica se agrupan en torno a dos familias principales: NW-SE y SW-NE. Aparecen en los Haitises y en la Cordillera Oriental. Corresponden a fallas normales, que en algunos casos sólo se han cartografiado como supuestas, ya que se encuentran rasgos que las evidencian. En el centro de la Hoja, la Sabana de Angelina se sitúa sobre un anticlinal.

En los Haitises aparece una superficie estructural ampliamente desarrollada y degradada en relación con esta estructura, preferentemente en su zona alta, y están definidas por la existencia de superficies regulares controladas por la existencia en el subsuelo de una capa dura, competente, en este caso calizas. La caliza se encuentra altamente degradada por procesos de karstificación.

Los límites de las superficies estructurales pueden ser muy abruptos mostrando escarpes estructurales más o menos importantes. Estos se desarrollan gracias a la existencia de una capa dura y no están vinculados necesariamente a la aparición de una plataforma, pudiendo aparecer de forma individualizada. En la cartografía se han diferenciado atendiendo a su tamaño.

Al S de la Hoja, en la Cordillera Oriental, encontramos varios relieves residuales esculpidos por la erosión que constituyen cerros cónicos. Son frecuentes los resaltes de capas verticalizadas, que pueden dar lugar a crestas y barras.

## **5.2.2 Fluviales y de escorrentía superficial**

Ocupan una gran superficie en la Hoja, con una amplia distribución. Su cartografía permite una detallada caracterización de la red de drenaje. Se trata de una red poco densa, gobernada por la cuenca del río Yuna, a la que van a parar todas las aguas de los ríos y arroyos de la Hoja. En ésta cuenca encontramos gran variedad de formas, siendo la de mayor envergadura su gran llanura de inundación, en la que encontramos el curso principal bordeado de fondos de valle y gran cantidad de meandros abandonados. En la zona cercana a la confluencia con el Yuna se ha formado un nivel de terrazas, aunque su tamaño y distribución, así como la escala de trabajo ha dificultado su representación cartográfica, quedando escasamente representadas.

Es frecuente que las llanuras de inundación hayan sido habilitadas para el cultivo, por lo que muestran cierta antropización que se traduce en márgenes que protegen los campos. Esta forma implica, por sí misma, un cierto depósito. A pesar de su aparente falta de funcionalidad forman parte de la red de drenaje, concentrando, en caso de fuertes precipitaciones, la arroyada. Son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de los principales elementos de la red fluvial actual.

Entre las formas erosivas se han reconocido: marcas de incisión lineal, en la Cordillera Oriental y aristas en interfluvios.

## **5.2.3 Formas poligénicas**

Se incluyen en este grupo las formas cuya morfogénesis puede atribuirse a la acción simultánea o sucesiva de más de un proceso morfogenético. En este grupo se incluyen los piedemontes, que constituyen la transición entre zonas elevadas, donde la erosión es el proceso predominante, y las áreas de bajo relieve en las que imperan el transporte y sedimentación. Como es el caso de los glaciares que aparecen en el extremo SE de la Hoja, al Sur de los Haitises.

## **5.2.4 Formas lacustres y endorreicas**

Se hallan representadas únicamente por las lagunas permanentes situadas en el E de la Hoja, en la parte N de los relieves de los Haitises.

### **5.2.5 Formas originadas por meteorización química**

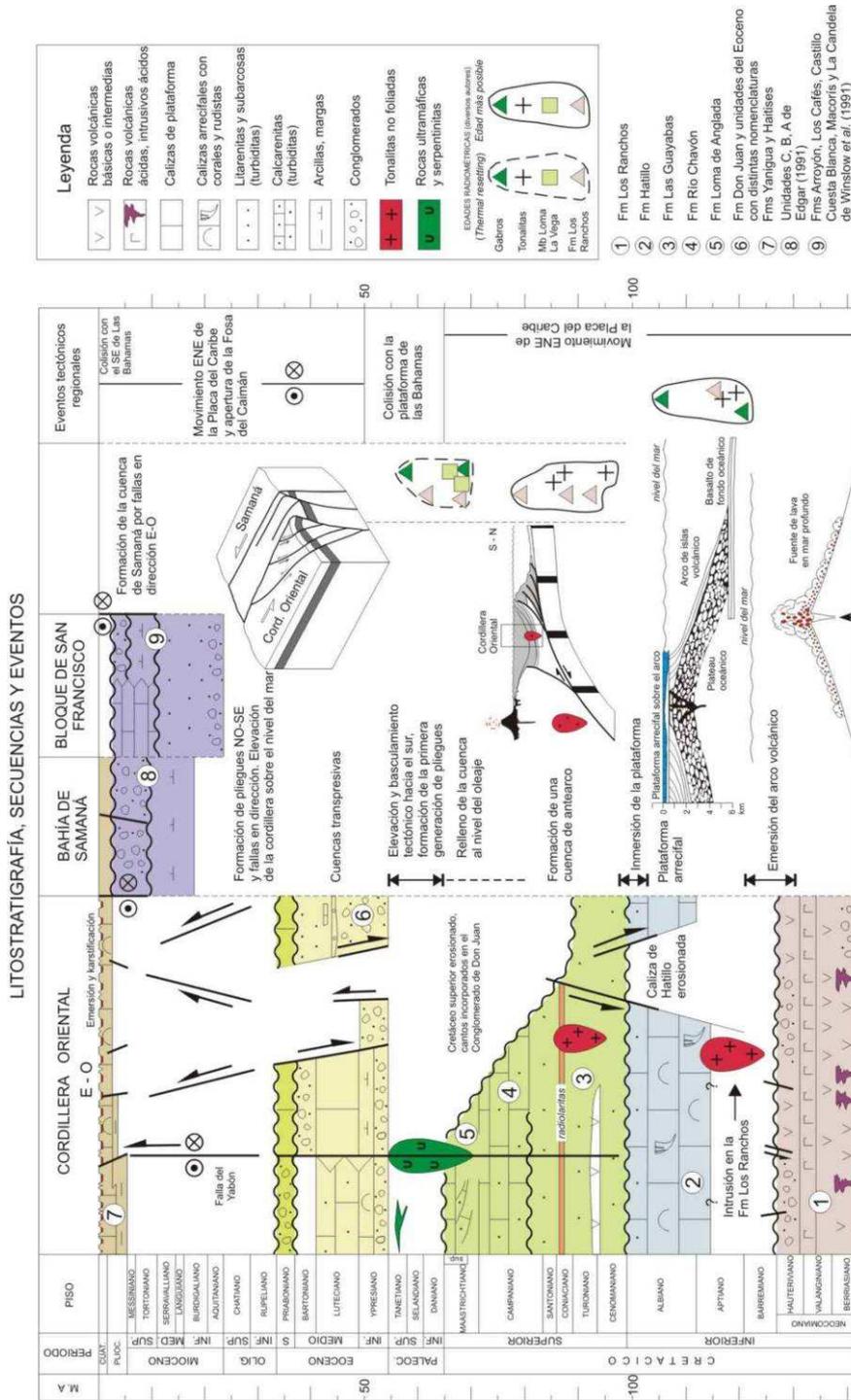
Se encuentran relacionadas principalmente con la intensa karstificación que afecta a los materiales carbonatados aflorantes en los Haitises. Puede considerarse que esta zona ha sido sujeta a aplanamiento kárstico y constituye una superficie de corrosión. Dichas áreas se manifiestan como un campo de dolinas. La formación de dolinas se produce en las zonas más elevadas como formas redondeadas o elipsoidales cuyo eje mayor posee dimensiones de orden hectométrico.; localmente, los niveles carbonatados señalados se encuentran fuertemente alterados, y aparecen materiales más insolubles se acumulan en forma de arcillas de descalcificación (terra rossa).

## 6 HISTORIA GEOLÓGICA

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

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

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



**Figura 22: Diagrama cronostratigráfico que muestra la litología, secuencias deposicionales y los eventos tectónicos registrados en los sedimentos de la Cordillera Oriental (García-Senz J. et al., 2007). Los datos de la Bahía de Samaná son de Edgar (1991) y los datos del Bloque de San Francisco de Winstlow et al. (1991). Las edades radiométricas se han tomado de Bourdon (1985); Kesler et al., 1991; Bellon et al., 1985).**

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

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

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

Tras la colisión y hasta la actualidad, tiene lugar una convergencia oblicua entre la placa Norteamericana y la Placa del Caribe. Como consecuencia, sobre el basamento cretácico arrasado de la Cordillera Oriental se formaron cuencas transpresivas separadas por fallas en dirección NO-SE. Los primeros depósitos son conglomerados aluviales (Fm Don Juan) provenientes de los relieves adyacentes a las depresiones. El tipo de sedimento y la batimetría varían de una cuenca a otra, pero en general la evolución es transgresiva a medida que las cuencas se ampliaban y áreas más extensas subsidían. En el Eoceno Superior existen taludes con resedimentación de depósitos en masa y turbiditas de área fuente volcánica y metamórfica.

La reconstrucción paleogeográfica de las cuencas eocenas está oscurecida por la erosión posterior durante el Oligoceno-Mioceno. En el Mioceno la evolución de la zona de cizalla

había alcanzado ya el estadio avanzado que hoy observamos, con pliegues NO-SE subparalelos a las fallas en dirección y fallas de Riedel que deforman los pliegues.

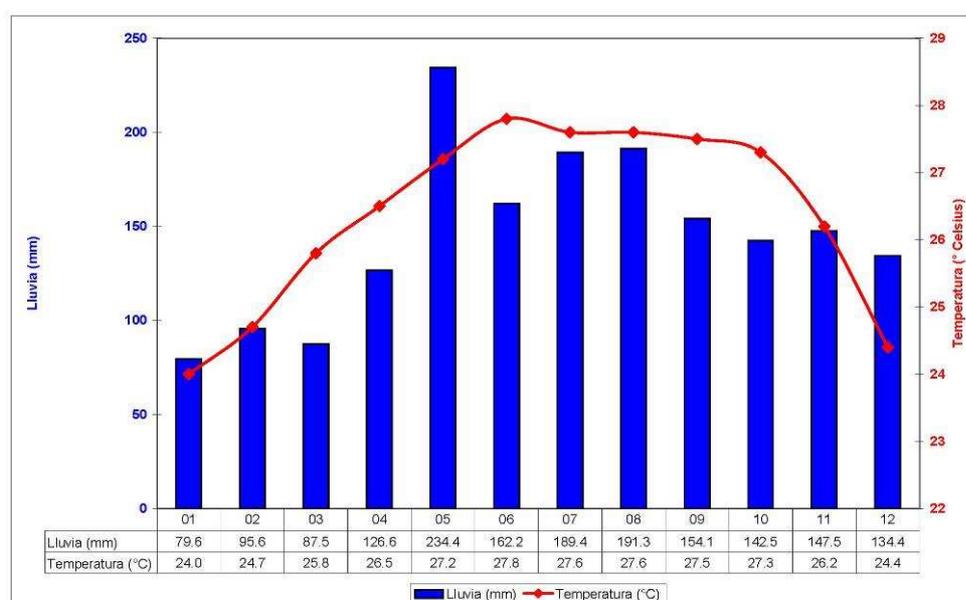
En estas condiciones ocurrió la transgresión de la plataforma arrecifal de Los Haitises a inicios del Plioceno, conectando el mar las actuales costa norte y la costa sur de la región oriental de La Española. Sólo los relieves tectónicos más elevados de la Cordillera sobresalían como islas. El crecimiento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

## 7 GEOLOGÍA ECONÓMICA

### 7.1 HIDROGEOLOGÍA

#### 7.1.1 Datos climáticos

Los datos climáticos registrados en Cotuí entre 1938 y 1980 (Figura 23) indican una pluviometría media anual de 1745 mm/año, con un máximo de precipitación en Mayo. La temperatura media alcanza los 33°C de día, y los 19 °C en la noche, con variaciones medias mensuales comprendidas entre los 24°C y 28°C. La región beneficia de un clima tropical húmedo en el cual existen temporadas secas. Una de las características climáticas de esta parte del Caribe es la posibilidad de huracanes tropicales (tormentas tropicales o huracanes) que se manifiestan una vez cada dos años (de promedio), afectando en más del 65% de los casos a la parte sur del país. En principio la temporada de huracanes se extiende de agosto a noviembre. En caso de huracán, los vientos pueden sobrepasar los 60 m/s y las lluvias llegar o sobrepasar los 500 mm en 24 h (huracán Georges en 1998). Durante el presente proyecto se han producido dos tormentas tropicales: Noel (octubre 2007) y Olga (diciembre de 2007)



**Figura 23: Variaciones mensuales de la pluviometría y de las temperaturas en Cotuí. Estadísticas establecidas a partir de los datos recogidos entre 1938 y 1980. (de <http://www.theweathernetwork.com>).**

## 7.1.2 Hidrografía

Desde el punto de vista hidrográfico, la región de Cotuí está marcada por la existencia del lago de Hatillo, en el cuadrante SO de la Hoja; además de la presencia de los ríos Yuna y Camú que dominan el margen sur del valle del Cibao, al Norte y NE del territorio de la Hoja.

### 7.1.2.1 El embalse de Hatillo

El embalse de Hatillo se ubica a unos 5 km al SO de la ciudad de Cotuí. La información y los datos disponibles acerca del embalse de Hatillo se resumen a continuación:

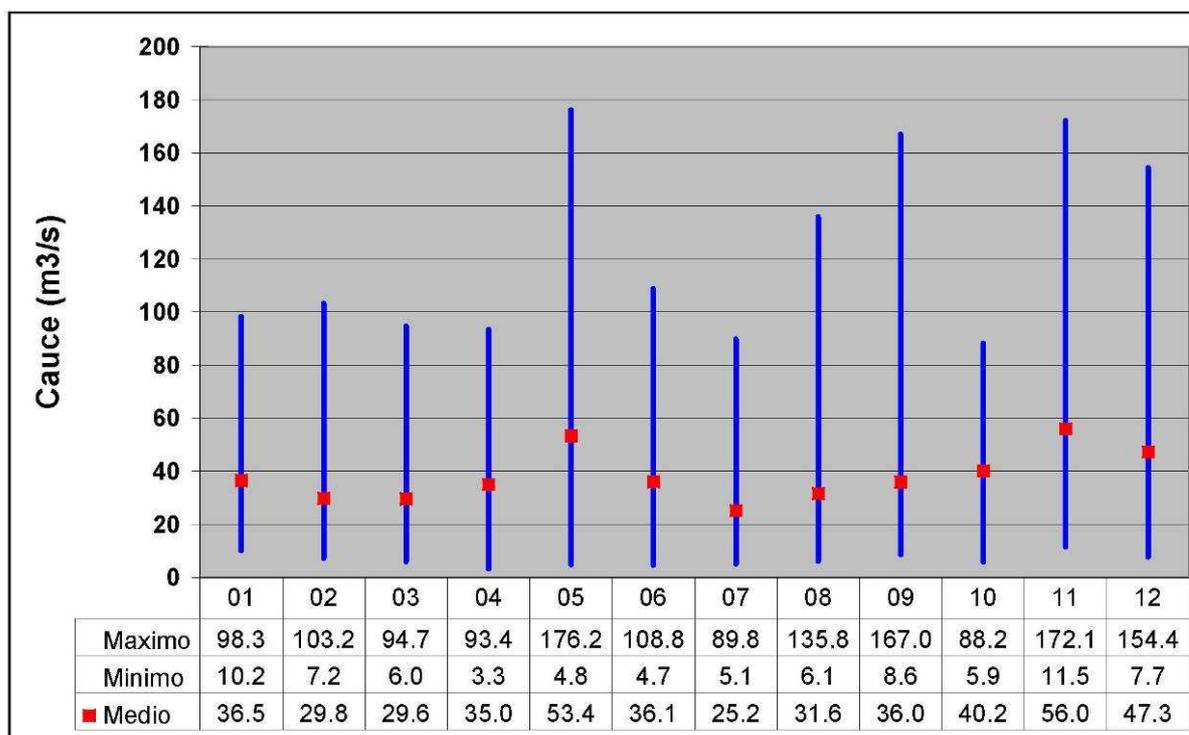
- La construcción del embalse se empezó en el año 1977 y se finalizó en 1984. El embalse de Hatillo tiene un volumen de 710 millones de metros cúbicos, una superficie de 22 km<sup>2</sup> y una longitud máxima de 15 km. El área de drenaje total es de 1192 km<sup>2</sup>.
- El nivel máximo de operación es de 86,6 m y el mínimo de 70 m. La presa está constituida por un muro con una longitud de 1700 metros que se compone de una estructura del tipo de tierra y enrocamiento con profundidad de pantalla de 28 metros y una altura neta de la presa de 50 m.
- El volumen potencial del embalse al nivel máximo de operación normal es de 441 Mm<sup>3</sup>, no obstante a causa de la acumulación de sedimentos a lo largo de los años el volumen real de almacenamiento se ha ido reduciendo. Datos oficiales del INDRHI indican que en el año 1994 la capacidad de almacenamiento había disminuido en un 14,2%, lo cual corresponde a un volumen de sedimentos depositados de 65,3 Mm<sup>3</sup>. Si se toma este dato como referencia y se considera que el volumen de acumulación de sedimentos cada 10 años es de 65,3 Mm<sup>3</sup>, por extrapolación se puede deducir que el volumen de sedimentos depositados actualmente en el embalse debería ser de unos 150 Mm<sup>3</sup> aproximadamente, dejando en 291 Mm<sup>3</sup> el volumen real de almacenamiento para aguas.
- El vertedero hidráulico de Hatillo es de tipo orificio, con dos salidas de 8 x 4 metros. Su capacidad máxima es de 650 m<sup>3</sup>/s. Tiene un ancho de 60 metros y la longitud de

su canal de descarga es de 800 metros, incluyendo la zona del dissipador. La casa de válvulas aloja dos válvulas del tipo chorro hueco que descargan 82 m<sup>3</sup>/s cada una.

### 7.1.2.2 La red hidrográfica

El río Yuna atraviesa el territorio de la Hoja desde el SO hacia el NE, desde donde vierte la Presa de Hatillo justo hasta la confluencia con el río Camú. A partir de ahí toma dirección E-O. El Yuna es el segundo río más importante de la República Dominicana, con un recorrido total de 210 km desde su lugar de origen en las montañas de la Cordillera Central hasta su desembocadura en la Bahía de Samaná. Es también el segundo más caudaloso y su cuenca hidrográfica se extiende por la zona oriental del Valle del Cibao ocupando una superficie de 5500 km<sup>2</sup>.

Los registros entre los años 1956 y 2002, indican que el caudal medio del río Yuna se estima en 38,2 m<sup>3</sup>/s (137,5 m<sup>3</sup>/h), pero destacan variaciones mensuales muy importantes descritas en la Figura 24 (según Estudio de Impactos del proyecto Pueblo Viejo Dominicana Corporación). El del río Camú es similar y se estima en 36,7 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 24: Flujos mensuales del río Yuna en la entrada al embalse de Hatillo, periodo de 1956-2002 (cifras PVDC).**

La otra característica de los dos ríos principales es que sus cauces trazan una geometría meandriforme, que evoluciona rápidamente en función de las enormes crecidas. Un claro ejemplo de las variaciones es el cauce del río Yuna en la Hoja topográfica en 1:50 000 de Cotuí, actualizada y editada en 1988, comparada con las imágenes de satélite más recientes disponibles en Google Earth; se constatan variaciones plurihectométricas. Estas importantes modificaciones del cauce de los ríos del valle de Cibao son, en gran parte, el origen de la inestabilidad o destrucción de los puentes.

Otros dos ríos más modestos son el Maguaca y Chacuey, incrementan el caudal del río Yuna. Ambos nacen en los terrenos volcanosedimentarios del Cretácico Inferior de la Hoja de Hatillo, y discurren de Sur a Norte, cerca de la interfase con la cobertera margo-calcárea de Los Haitises. En Cruce de Vásquez, el caudal del río Chaucey se estima en 2,5 m<sup>3</sup>/s.

### **7.1.3 Principales puntos de abastecimiento**

Durante la cartografía geológica, se llevó a cabo un inventario de los principales puntos de abastecimiento encontrados en el territorio de la Hoja Cotuí. Las características principales de estos puntos de agua se reseñan en la Tabla 3. Su localización se precisa en la Figura 25.

Para cada punto se menciona:

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

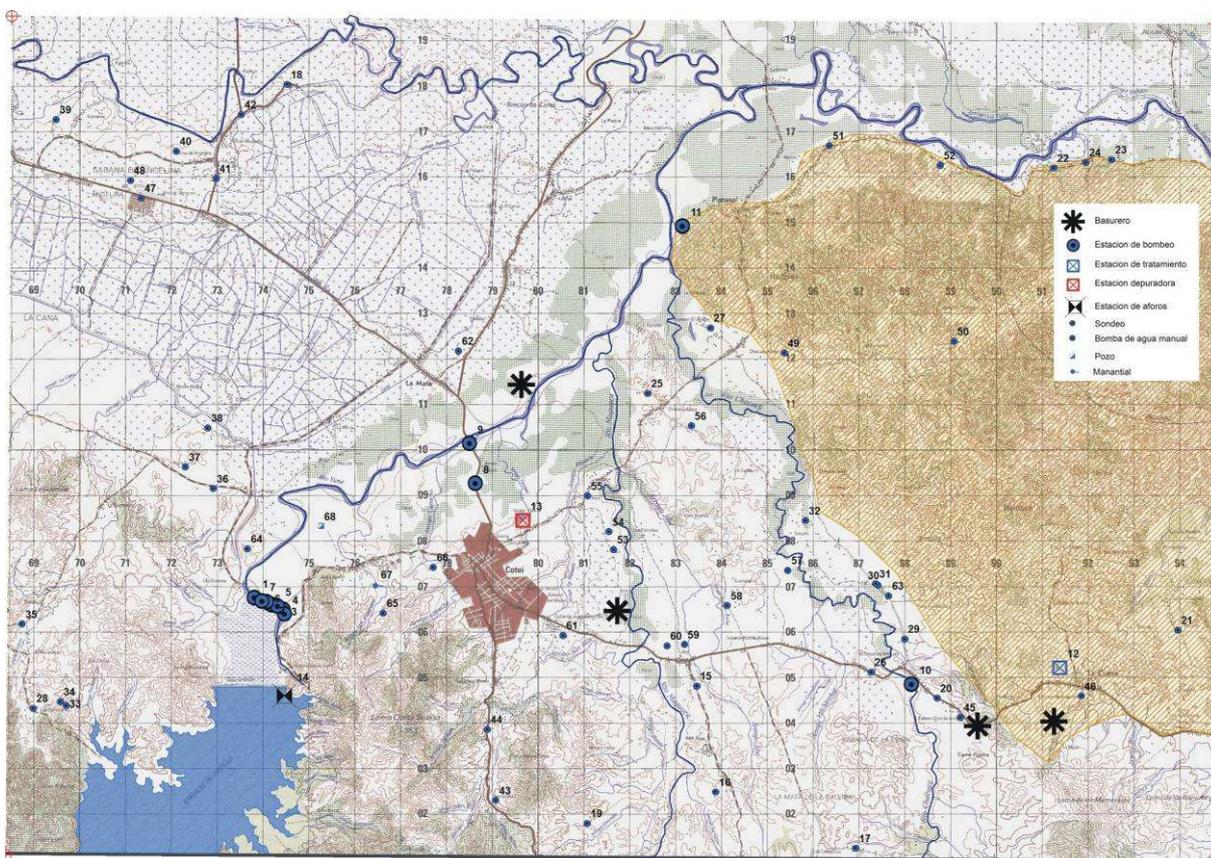
La información concerniente a este último punto fue obtenida de la población local, que, muy frecuentemente, tiene en memoria las características de los puntos de abastecimiento que tiene la costumbre de utilizar cotidianamente.

Localidad	Nº	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD27		Tipo	Profundidad (pies)
		Latitud	Longitud	XXXX	YYYY		
Cotuí n° 1	1	19.05135	-70.19882	373 809	2 106 745	Estacion de bombeo	78
Cotuí n° 2	2	19.04998	-70.19535	374 173	2 106 591	Estacion de bombeo	100
Cotuí n° 3	3	19.04901	-70.19285	374 435	2 106 482	Estacion de bombeo	110
Cotuí n° 4	4	19.04817	-70.19255	374 466	2 106 389	Estacion de bombeo	95
Quita Sueno	5	19.04973	-70.19406	374 308	2 106 563	Estacion de bombeo	100
Los Corozos	6	19.05056	-70.19629	374 074	2 106 656	Estacion de bombeo	120
Los Corozos	7	19.05073	-70.19726	373 972	2 106 676	Estacion de bombeo	120
Cotuí	8	19.07436	-70.15317	378 629	2 109 260	Estacion de bombeo	50
La Mata	9	19.08228	-70.15441	378 505	2 110 137	Estacion de bombeo	
La Cueva	10	19.03502	-70.06252	388 141	2 104 846	Estacion de bombeo	
Chacuey, Platanal y Pimentel	11	19.12573	-70.11060	383 144	2 114 915	Estacion de bombeo	22
La Cueva	12	19.03857	-70.03179	391 377	2 105 219	Estacion de tratamiento	
Cotuí	13	19.06720	-70.14327	379 666	2 108 460	Estacion depuradora	
Presa de Hatillo	14	19.03203	-70.19243	374 467	2 104 603	Estacion de aforos	
Cruce de Jibe	15	19.03454	-70.10702	383 457	2 104 822	Bomba de agua manual	54
	16	19.01347	-70.10297	383 869	2 102 487	Bomba de agua manual	
Los Callejones de Duey	17	19.00249	-70.07389	386 922	2 101 253	Bomba de agua manual	36
Los Castellanos	18	19.15347	-70.19273	374 526	2 118 042	Bomba de agua manual	50
Giminillo	19	19.00710	-70.12954	381 068	2 101 800	Bomba de agua manual	276
El Cruce de Vasquez	20	19.03240	-70.05724	388 695	2 104 552	Bomba de agua manual	42
Sabana Grande de Cevicos	21	19.04617	-70.00739	393 950	2 106 046	Bomba de agua manual	500
La Isleta	22	19.13785	-70.03366	391 245	2 116 207	Bomba de agua manual	40
La Isleta	23	19.13957	-70.02166	392 509	2 116 390	Bomba de agua manual	
La Isleta	24	19.13899	-70.02707	391 939	2 116 329	Bomba de agua manual	70
	25	19.09257	-70.11759	382 386	2 111 251	Bomba de agua manual	60
La Seibita	26	19.03748	-70.07089	387 262	2 105 123	Bomba de agua manual	55
Sabana Abajo	27	19.10565	-70.10467	383 754	2 112 689	Bomba de agua manual	80
Los Conucones	28	19.02920	-70.24456	368 978	2 104 328	Bomba de agua manual	100
El Saballo	29	19.04413	-70.06397	387 994	2 105 855	Bomba de agua manual	
El Saballo	30	19.05473	-70.06965	387 404	2 107 032	Bomba de agua manual	54
El Saballo	31	19.05505	-70.07003	387 364	2 107 067	Bomba de agua manual	105
El Saballo	32	19.06750	-70.08473	385 826	2 108 454	Bomba de agua manual	45
Los Conucones	33	19.02976	-70.23773	369 697	2 104 385	Sondeo	95
Los Conucones	34	19.03055	-70.23894	369 570	2 104 473	Sondeo	110
El Hato	35	19.04591	-70.24696	368 738	2 106 179	Sondeo	
Agua Sarca - Finca Nune	36	19.07310	-70.20751	372 911	2 109 159	Sondeo	180
Finca Abreu	37	19.07733	-70.21334	372 300	2 109 631	Sondeo	80
El Pozo de La Sabana	38	19.08514	-70.20875	372 789	2 110 492	Sondeo	
Finca Tijada Cabrera	39	19.14616	-70.24064	369 482	2 117 268	Sondeo	
Finca Ramamilla	40	19.14005	-70.21566	372 105	2 116 574	Sondeo	
Angelina	41	19.13467	-70.20737	372 972	2 115 972	Sondeo	80
Angelina	42	19.14741	-70.20226	373 520	2 117 379	Sondeo	47
Finca Nune	43	19.01154	-70.14853	379 072	2 102 304	Sondeo	15
La Lechoza	44	19.02564	-70.15038	378 887	2 103 866	Sondeo	35
Finca Vargas	45	19.02857	-70.05236	389 206	2 104 126	Sondeo	45
Liceo de La Cueva	46	19.03298	-70.02731	391 845	2 104 598	Sondeo	300
El Pescazon	47	19.13069	-70.22289	371 337	2 115 543	Sondeo	
Finca Ramon Jesus	48	19.13420	-70.22514	371 103	2 115 933	Sondeo	
Finca El Aguacate	49	19.10075	-70.08934	385 363	2 112 137	Sondeo	150
El Aguacate	50	19.10327	-70.05413	389 069	2 112 393	Sondeo	95
Don Miguel	51	19.14198	-70.08024	386 349	2 116 694	Sondeo	90
La Laguna	52	19.13822	-70.05723	388 767	2 116 263	Sondeo	80
Finca El Hato	53	19.06151	-70.12446	381 641	2 107 818	Sondeo	108
Finca Nelson	54	19.06503	-70.12545	381 539	2 108 208	Sondeo	
Hacienda El Pidio	55	19.07213	-70.12989	381 077	2 108 997	Sondeo	
Finca Rafael Rodriguez	56	19.08619	-70.10847	383 341	2 110 538	Sondeo	73
Fundo Felipe	57	19.05757	-70.08829	385 444	2 107 358	Sondeo	
Hacienda La Caoba	58	19.05051	-70.10080	384 123	2 106 585	Sondeo	
Finca Jose de La Cruz	59	19.04275	-70.10966	383 185	2 105 732	Sondeo	
Finca El Cruce de Maguaca	60	19.04244	-70.11326	382 806	2 105 700	Sondeo	51
Finca Arides Garcia	61	19.04436	-70.13482	380 539	2 105 927	Sondeo	58
Hospital de la Mata	62	19.10074	-70.15690	378 256	2 112 182	Sondeo	
El Saballo	63	19.05265	-70.06736	387 643	2 106 800	Sondeo	55
El Aja de Los Corozos	64	19.06118	-70.20037	373 653	2 107 834	Sondeo	
Quita Sueno	65	19.04858	-70.17214	376 614	2 106 420	Sondeo	
ITECO	66	19.05773	-70.16180	377 709	2 107 425	Sondeo	
San Francisco	67	19.05388	-70.17324	376 502	2 107 007	Manantial	
Quita Sueno	68	19.06578	-70.18508	375 265	2 108 332	Pozo	

**Tabla 3: Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de Cotuí. Los números permiten su correlación con la Figura 25.**

La disponibilidad de agua potable en Cotuí (45 000 habitantes) está asegurada por tomas de agua instaladas en los aluviones del río Yuna. Las tomas de agua están localizadas en la proximidad de la Presa de Hatillo. Un tratamiento con cloro se realiza directamente en las zonas de bombeo. El agua se envía por canalización y se almacena en tanques situados en las afueras de Cotuí, cerca de Arroyo Capacho, antes de distribuirla a la población local. La población de las localidades de La Mata y Platanal está igualmente alimentada por agua potable a partir de estaciones de extracción implantadas en los aluviones del río Yuna. La estación de bombeo instalada en la ribera del río Chaucey alimenta el pueblo de La Cueva. Las estaciones están mal protegidas y son muy vulnerables a la contaminación.

El suministro de agua de las otras localidades y de la mayoría de las fincas privadas, está asegurado por las perforaciones equipadas de bombas manuales, eólicas o eléctricas. Estas obras son generalmente poco profundas, 50 a 100 pies como media, y bombean directamente en el estrato freático superficial.



**Figura 25: Localización y tipo de los principales abastecimientos señalados en la Hoja de Cotuí. Los números permiten su correlación con la Tabla 3.**

#### **7.1.4 Naturaleza e interés de los principales acuíferos**

Este texto complementa al esquema hidrogeológico a de 1/200 000, presente en la Hoja geológica de Cotuí.

Las rocas intrusivas tonalíticas tienen un interés como acuífero sólo cuando están lo bastante fracturadas como para constituir un acuífero discontinuo de tipo medio fisural. Debe considerarse también las posibilidades que representan las arenas graníticas, provenientes de la alteración meteórica de las rocas intrusivas. Constituyen un acuífero muy poroso, de alta permeabilidad.

La Fm Los Ranchos está constituida por lavas, piroclásticas y epiclástitas finas. Estos terrenos, en su mayoría impermeables, no son aptos para constituir un acuífero. Presentan interés sólo cuando la fracturación es importante confiriendo a la roca cierta porosidad. En estas condiciones, y localmente, la Fm Los Ranchos puede constituir un acuífero discontinuo de tipo medio fisural.

En el ángulo SO de la Hoja, las calizas de la Fm Hatillo están muy kárstificadas, con presencia de dolinas, poljes y cuevas (El Hoyo de Sanabe). Forman, sin duda, un acuífero importante que, actualmente no está bien estudiado. Localizado en el borde del Embalse de Hatillo, está probablemente abastecido por el agua de este último. Pero, hay que tener en cuenta la vulnerabilidad de este acuífero, pues la karstificación implica circulaciones muy rápidas de agua en las que el menor contaminante puede actuar rápidamente sobre toda la red.

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

Los recubrimientos cuaternarios, tipo abanico de baja pendiente, se reducen a lechos de poco espesor, diseccionados por la red hidrográfica. Generan acuíferos de baja permeabilidad.

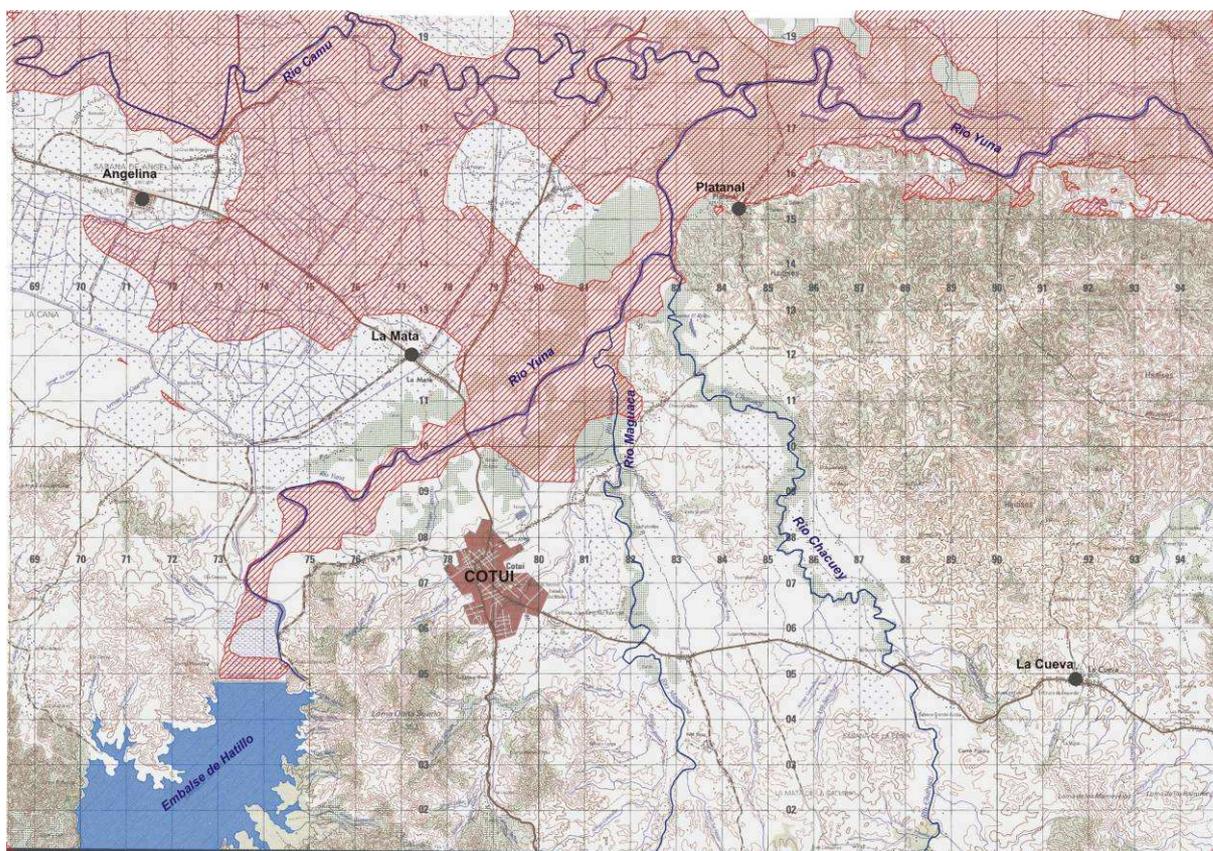
Los aluviones arenoso-arcillosos de los ríos Yuna y Camú, constituyen un importante acuífero alimentado conjuntamente por los ríos y formaciones laterales, en particular por las calizas de Haitises del cuadrante NE de la Hoja. Debido al grosor del relleno de la Cuenca del Cibao, hay posibilidad para un conjunto acuífero con varias capas inducido por la presencia de alternancias de niveles de areno-gravosos y arcillosos. La parte superficial de este acuífero es muy vulnerable a los contaminantes químicos, especialmente por pesticidas y abonos utilizados en los cultivos de arroz; además de los desechos incontrolados de las poblaciones de Cotuí, expulsados sin ningún tipo de control en las riberas de los ríos Yuna y Maguaca.

## **7.2 RIESGOS NATURALES**

### **7.2.1 Inundación**

El curso de los ríos Yuna y Camú evoluciona al ritmo de las crecidas generadas por los huracanes, tormentas y lluvias intensas tropicales. Las inundaciones son frecuentes y a veces catastróficas, provocando la destrucción de carreteras, puentes, de viviendas e implican a menudo la desaparición de personas. Un estudio reciente (Yunarisk, 2008) ha realizado el inventario de las inundaciones en la cuenca del río Yuna entre 1977-2007 y especifica los territorios con mayor peligrosidad en forma de documentos SIG. Durante estos periodos, el caudal de los ríos se incrementa en pocas horas a valores superiores a 300-400 m<sup>3</sup>/s, con picos de más de 800 m<sup>3</sup>/s. Ese fue el caso de las tormentas tropicales Noel y Olga a finales de 2007, además de numerosos eventos anteriores como huracán Jeanne en 2004, inundaciones de 2001-2002, huracán Georges de 1998, etc.

El mapa de la Figura 26 establece las zonas de riesgo elevado de inundación en el territorio de la Hoja de Cotuí. Las zonas de riesgo se localizan en los valles aluviales de los ríos afectados. Las principales localidades están fuera de la zona de riesgo, con excepción de Platanal. La población que vive en las inmediaciones de los ríos Camú y Yuna es muy numerosa, debido a que los terrenos de las riberas son muy fértiles para practicar la agricultura intensiva. Por ello, esta población, está sometida a riesgos asociados con las inundaciones.



**Figura 26: Zonas de riesgo elevado de inundación en el territorio de la Hoja de Cotuí (de Yunarisk, 2008).**

## 7.2.2 Terremotos

Las bases de datos sismológicas (Red Sísmica Nacional Dominicana (RSND), el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), la Red Sísmica de Puerto Rico (PRSN) y el Middle American Seismograph Consortium (MIDAS), además de las incluidas en el citado Programa SYSMIN) indican que no se han registrado terremotos en el territorio de la Hoja de Cotuí. Sin embargo, existe una densa red de fracturas NO-SE y NE-SO que afectan el substrato Cretácico de la zona. Por otro lado, la falla E-O que delimita la extensión norte de la plataforma de Los Haitises se corresponde con una sutura reciente, la cual influye en el curso actual de los ríos Camú y Yuna. Esta fuerte densidad de fallas es susceptible de generar terremotos.

---

## **7.3 MEDIO AMBIENTE**

En los países en vías de desarrollo, la calidad del medioambiente depende en gran medida de los recursos geológicos, en particular del agua, de los materiales y de los minerales. En el territorio de la Hoja Cotuí, se refiere principalmente al agua y a la manera en que se administran los desechos vinculados a la actividad humana. Por ello es necesario recordar que a una decena de km al SO de Cotuí, se localiza uno de los más importantes yacimientos de oro, Pueblo Viejo, donde se prevé próximamente la explotación de los sulfuros. Desde ese punto de vista, son numerosos los estudios ambientales que se realizan en la región, en particular aquellos asociados a Sysmin. Aunque, es cierto que el desarrollo del yacimiento va a generar modificaciones medioambientales mucho más allá de la zona de explotación.

### **7.3.1 Almacenamiento y gestión de residuos urbanos**

Los residuos urbanos de Cotuí han sido almacenados durante mucho tiempo en el borde norte del río Yuna, cuya superficie representa varias hectáreas. Según la declaración de los habitantes, se produce el efecto “cisterna” con las crecidas del río y que ha arrastrado parte de los residuos almacenados. Además, de la contaminación visual y mal olor que estos depósitos generan, la contaminación de agua de escorrentía y por infiltración es bastante preocupante. Debido a que no se toma ninguna precaución, una gran parte de los lixiviados generados por descomposición de los desechos es vertida en el río Yuna donde el agua es contaminada. La presa de agua de Platanal, que también abastece Pimentel, está localizada aproximadamente a 5 km aguas debajo de esta zona de descarga. El problema ha sido desplazado al río Maguaca, ya que la nueva zona de almacenamiento de residuos de Cotuí se ha implantado en la ribera de este río, sin mayores protecciones que las que había en la antigua zona.

### **7.3.2 Gestión de las aguas residuales**

Una parte de las aguas residuales de Cotuí son conducidas y tratadas previamente a ser devueltas al medio natural. Cotuí dispone de una estación de tratamiento al NE de la ciudad. Se realizan extracciones y análisis cada semana antes de liberar el agua al arroyo Tauique. Por el contrario, no se ha tomado ningún remedio para las pequeñas poblaciones y suburbios periféricos de Cotuí donde el agua residual se libera directamente al medio natural.

## 7.4 CUEVAS

La cueva más importante se localiza en las calizas de la Fm Hatillo, en la orilla Oeste del embalse de Hatillo. Es conocida por el nombre de El Hoyo de Sanabe (Lat: 19,00575; Long: -70,24101) y contiene más de un millar de pinturas y grabados amerindios. Ha sido objeto de un levantamiento topográfico en el marco de los trabajos realizados por la *Fédération Française de Spéléologie* (Federación Francesa de Espeleología) en la República Dominicana (A. Gilbert, 2006).

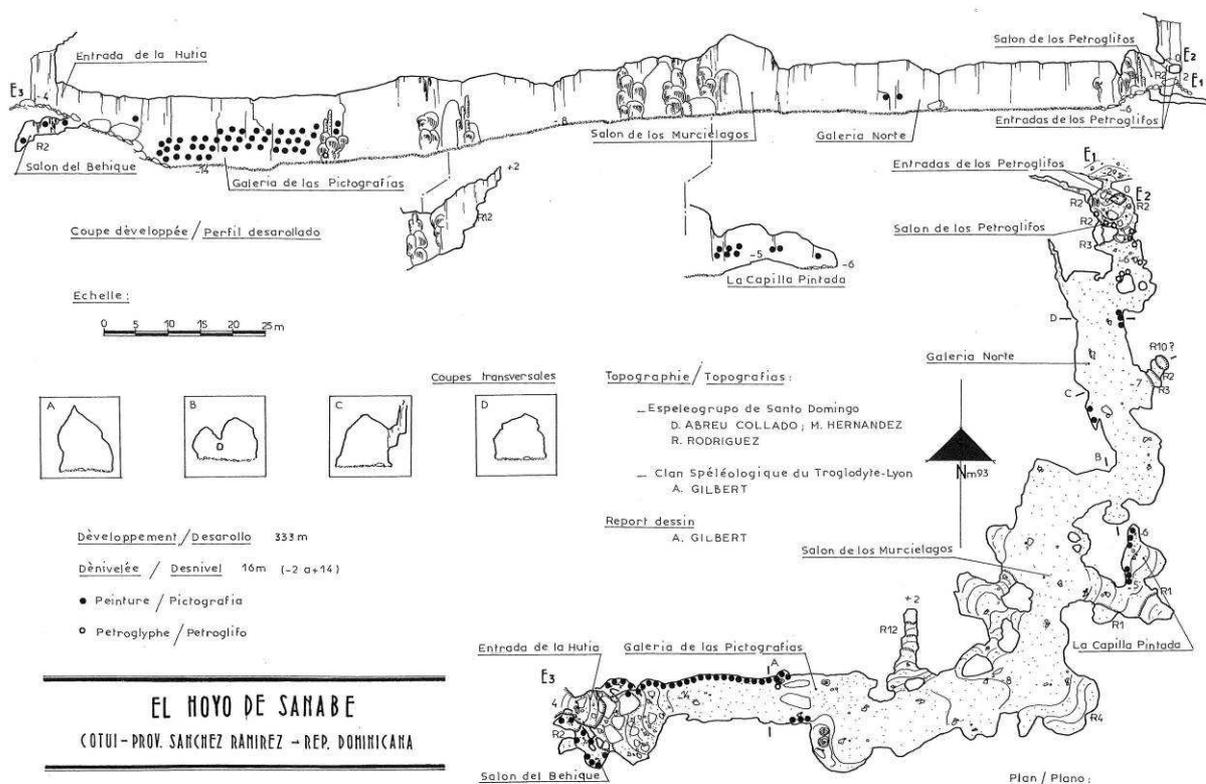


Figura 27: Levantamiento topográfico de El Hoyo de Sanabe (A. Gilbert, 2006).

## 7.5 RECURSOS MINERALES

### 7.5.1 Yacimientos e indicios minerales

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

Localidad	Coordenadas geograficas		Coordenadas UTM - NAD27		Sustancia	Simb.	Imp.	Litología	Formacion - Edad
	Latitud	Longitud	XXXX	YYYY					
La Lechoza	19.0024	-70.1595	377 914	2 101 299	Oxido de hierro, Oro	Fe, Au	1	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
La Lechoza	19.0014	-70.1610	377 755	2 101 190	Oxido de hierro, Oro	Fe, Au	1	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
La Lechoza	19.0032	-70.1674	377 082	2 101 390	Oxido de hierro, Oro	Fe, Au	1	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Presa de Hatillo	19.0509	-70.1875	374 998	2 106 683	Pirita	Pyr	0	Rhyodacita	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Quita Sueno	19.0547	-70.1789	375 905	2 107 102	Pirita	Pyr	0	Rhyodacita silicificada	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Arroyo Campana	19.0049	-70.1716	376 639	2 101 589	Gossan	Fe	0	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Media Clara	19.0112	-70.1384	380 139	2 102 262	Pirita	Pyr	0	Rhyodacita	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Quita Sueno	19.0412	-70.1796	375 821	2 105 611	Pirita	Pyr	0	Rhyodacita	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Quita Sueno	19.0402	-70.1809	375 682	2 105 493	Pirita	Pyr	0	Brechas pyroclasticas acidas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Villa Rosa	19.0245	-70.1095	383 191	2 103 709	Oxido de hierro	Fe	0	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Loma Meladito	19.0481	-70.2202	371 553	2 106 400	Pirita	Pyr	0	Brechas pyroclasticas acidas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Loma Meladito	19.0508	-70.2190	371 690	2 106 699	Oxido de hierro	Fe	0	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Loma Meladito	19.0544	-70.2253	371 022	2 107 097	Pirita	Pyr	0	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
El Hato	19.0603	-70.2441	369 054	2 107 769	Oxido de hierro	Fe	0	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
El Hato	19.0616	-70.2420	369 268	2 107 911	Oxido de hierro, pirita	Fe, Pyr	0	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
El Hato	19.0627	-70.2424	369 231	2 108 037	Pirita	Pyr	0	Rocas silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Loma La Guamita	19.0738	-70.2385	369 646	2 109 261	Pirita	Pyr	0	Rocas silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Loma La Guamita	19.0736	-70.2405	369 436	2 109 238	Oxido de hierro	Fe	0	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Loma La Guamita	19.0766	-70.2480	368 657	2 109 579	Oxido de hierro, pirita	Fe, Pyr	0	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Loma La Guamita	19.0726	-70.2481	368 639	2 109 135	Oxido de hierro	Fe	0	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
La Guamita	19.0643	-70.2188	371 715	2 108 194	Oxido de hierro	Fe	0	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Las Yayas	19.0037	-70.1096	383 162	2 101 407	Gossan	Fe	0	Rocas ferruginizadas y silicificadas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Cueva de Isidro	19.0058	-70.2410	369 333	2 101 730	Guano	Nit	0	Cueva dentro calizas	Fm Hatillo - Albiano
Las Cien Tareas	19.1145	-70.0546	389 030	2 113 638	Guano	Nit	0	Cueva dentro calizas	Los Haitises - Plioceno-Pleistoceno
Chacuey Abajo	19.0887	-70.1174	382 408	2 110 824	Cal	Clz	0	Caliza	Los Haitises - Plioceno-Pleistoceno
La Vuelta	19.0731	-70.0930	384 956	2 109 083	Calcita	Cal	0	Caliza	Los Haitises - Plioceno-Pleistoceno

**Tabla 4: Características de los indicios vistos en la Hoja de Cotuí.**

### 7.5.1.1 Sustancias metálicas

Los indicios metálicos observados en el territorio de la Hoja Cotuí están principalmente asociados a las protusiones riodacíticas y a las piroclasticas acidas de la Fm Los Ranchos. Se trata de diseminaciones piritosas muy oxidadas asociadas a zonas silicificadas de aspecto escoriáceo y arcilloso. Parecen ser mineralizaciones de tipo epitermal de pirita y metales preciosos (¿?), contemporáneos o ligeramente posteriores a la deposición de las rocas volcánicas ácidas.

Los indicios más importantes son los de la Lechoza. Está localizado en el borde sur de la Hoja con la de Hatillo (Lat= 19.0024, Long= -70.1595; XNAD27= 377914, Y= 2101299). Es accesible por la carretera de Cotuí-Maimón, por un camino que sigue la ribera izquierda del arroyo San Blas, hasta la zona de La Amarga. En varias zonas del sector se pueden observar bloques plurimétricos de gossan con textura botroidal en arcillas rojas. El contexto geológico es difícil de definir ya que aparte de los bloques no existen afloramientos. Entre los escombros de las antiguas trincheras de exploración, se han observado bloques de roca escoriácea silicificada de color amarillo anaranjado, impregnadas de jarosita (¿?). Everton Co especificó estos contenidos a partir de la trinchera: 22 m @ 6,65 g/t Au et 18,8 g/t Ag (Mining Journal, January 23, 2009).

En el flanco NO de la Loma La Guamita, en la unión con la Hoja de Fantino, existe una estructura N-S, silicificada y piritizada, de grosor métrico y de extensión plurihectométrico que merece atención (Lat= 9.0766, Long= 70.2480; XNAD27= 368657, YNAD27= 2109579). No ha sido estudiado en ningún trabajo de exploración. Por otra parte, en todo el sector, numerosas rocas de chert silicificado con cubos de pirita han sido observados.

De forma más general, se puede afirmar que el conjunto de la Fm Los Ranchos es un terreno de exploración privilegiado, con un atractivo particular para los niveles y protusiones de rocas volcánicas ácidas. En la Hoja Hatillo, en el seno de esta formación, está el distrito minero de Pueblo Viejo que es un yacimiento epitermal de alta sulfuración de Au-Ag, clasificado como uno de los más importantes del mundo, con un contenido en metales superior a las 800 t para el oro y las 4000 t para la plata. Esta formación contiene también el yacimiento de Cerro de Maimón, que ha entrado recientemente en producción con unas reservas estimadas en 4,8 Mt @ 2,54% Cu, 1 g/t Au y 35 g/t Ag.

#### 7.5.1.2 Otras sustancias

Los otros indicios encontrados en la Hoja de Cotuí son anecdóticos, y no presentan gran interés. A destacar:

- La presencia de guano conocido en las cuevas de la Fm Calizas de Hatillo y de Haitises; cuyo uso es recuperado para uso local;
- La existencia de hornos de cal, en la entrada de Chacuey Abajo, para la fabricación artesanal de yeso.

#### **7.5.2 Canteras de materiales**

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

Localidad	N°	Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM - NAD27		Sustancia	Estatado	Imp.	Litología	Formación - Edad
		Latitud	Longitud	XXXX	YYYY					
Quita Sueno	1	19.0509	-70.1875	374 998	2 108 883	Aridos de machaqueo	Inactiva	2	Volcanitas dacíticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Meladito	2	19.0381	-70.2087	372 756	2 105 290	Aridos de machaqueo	Inactiva	2	Brechas y tobos volcanoclásticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Const. Campos	3	19.0873	-70.1431	379 703	2 110 680	Aridos naturales	Activa	2	Cantos, gravas y arenas	Aluviones - Cuaternario
Platanal	4	19.1424	-70.0796	386 418	2 116 738	Aridos de machaqueo	Activa	2	Calizas	Los Haitises - Plio-Pleistoceno
La Isleta	5	19.1367	-70.0186	392 829	2 116 073	Aridos de machaqueo	Activa	2	Calizas	Los Haitises - Plio-Pleistoceno
La Isleta	6	19.1371	-70.0110	393 631	2 116 110	Aridos de machaqueo	Inactiva	2	Calizas	Los Haitises - Plio-Pleistoceno
Quita Sueno	7	19.0606	-70.1690	376 958	2 107 746	Aridos de machaqueo	Intermitente	1	Volcanitas basálticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
La Lechoza	8	19.0235	-70.1501	378 918	2 103 633	Aridos de machaqueo	Inactiva	1	Volcanitas basálticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
La Guamita	9	19.0603	-70.2441	369 054	2 107 769	Aridos de machaqueo	Intermitente	1	Volcanitas basálticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
La Guamita	10	19.0665	-70.2191	371 689	2 108 434	Aridos de machaqueo	Intermitente	1	Brechas epiclásticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Abreu	11	19.0790	-70.2120	372 441	2 109 816	Aridos de machaqueo	Intermitente	1	Brechas y tobos volcanoclásticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Los Callejones	12	19.0040	-70.0796	386 323	2 101 420	Aridos de machaqueo	Intermitente	1	Volcanitas basálticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
La Mata	13	19.0871	-70.1487	379 109	2 110 664	Aridos naturales	Inactiva	1	Cantos, gravas y arenas	Aluviones - Cuaternario
Chacuey	14	19.1123	-70.1161	382 553	2 113 431	Aridos naturales	Inactiva	1	Cantos, gravas y arenas	Aluviones - Cuaternario
Chacuey	15	19.1151	-70.1135	382 831	2 113 742	Aridos naturales	Inactiva	1	Cantos, gravas y arenas	Aluviones - Cuaternario
Chacuey	16	19.1121	-70.1220	381 939	2 113 414	Aridos naturales	Activa	1	Cantos, gravas y arenas	Aluviones - Cuaternario
Quita Sueno	17	19.0591	-70.1715	376 693	2 107 583	Aridos de machaqueo	Inactiva	0	Volcanitas basálticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Sabana Medio	18	19.0377	-70.1501	378 922	2 105 200	Aridos de machaqueo	Inactiva	0	Volcanitas basálticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Las Yayas	19	19.0054	-70.1107	383 050	2 101 596	Aridos de machaqueo	Inactiva	0	Volcanitas basálticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Los Callejones	20	19.0032	-70.0784	386 453	2 101 331	Aridos de machaqueo	Inactiva	0	Volcanitas basálticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
Giminillo	21	19.0096	-70.1256	381 485	2 102 069	Aridos de machaqueo	Inactiva	0	Volcanitas basálticas	Fm Los Ranchos - Cretacico inf
La Cueva	22	19.0431	-70.0299	391 584	2 105 718	Aridos de machaqueo	Inactiva	0	Calizas	Los Haitises - Plio-Pleistoceno
Chacuey	23	19.1037	-70.0902	385 280	2 112 460	Aridos de machaqueo	Inactiva	0	Calizas	Los Haitises - Plio-Pleistoceno
Platanal	24	19.1426	-70.0642	388 040	2 116 757	Aridos de machaqueo	Inactiva	0	Calizas	Los Haitises - Plio-Pleistoceno
Chacuey	25	19.0827	-70.1033	383 888	2 110 150	Aridos de machaqueo	Inactiva	0	Calizas	Los Haitises - Plio-Pleistoceno
La Vuelta	26	19.0731	-70.0930	384 956	2 109 083	Aridos de machaqueo	Inactiva	0	Calizas	Los Haitises - Plio-Pleistoceno
Guanabano	27	19.0528	-70.1015	384 056	2 106 834	Aridos de machaqueo	Intermitente	0	Calizas	Los Haitises - Plio-Pleistoceno
Chacuey	28	19.0874	-70.0870	385 603	2 110 657	Aridos de machaqueo	Inactiva	0	Calizas	Los Haitises - Plio-Pleistoceno
Saballo	29	19.0752	-70.0820	386 118	2 109 307	Aridos de machaqueo	Inactiva	0	Calizas	Los Haitises - Plio-Pleistoceno

**Tabla 5: Características de las canteras de la Hoja de Cotuí. Los números permiten su correlación con la Figura 28.**

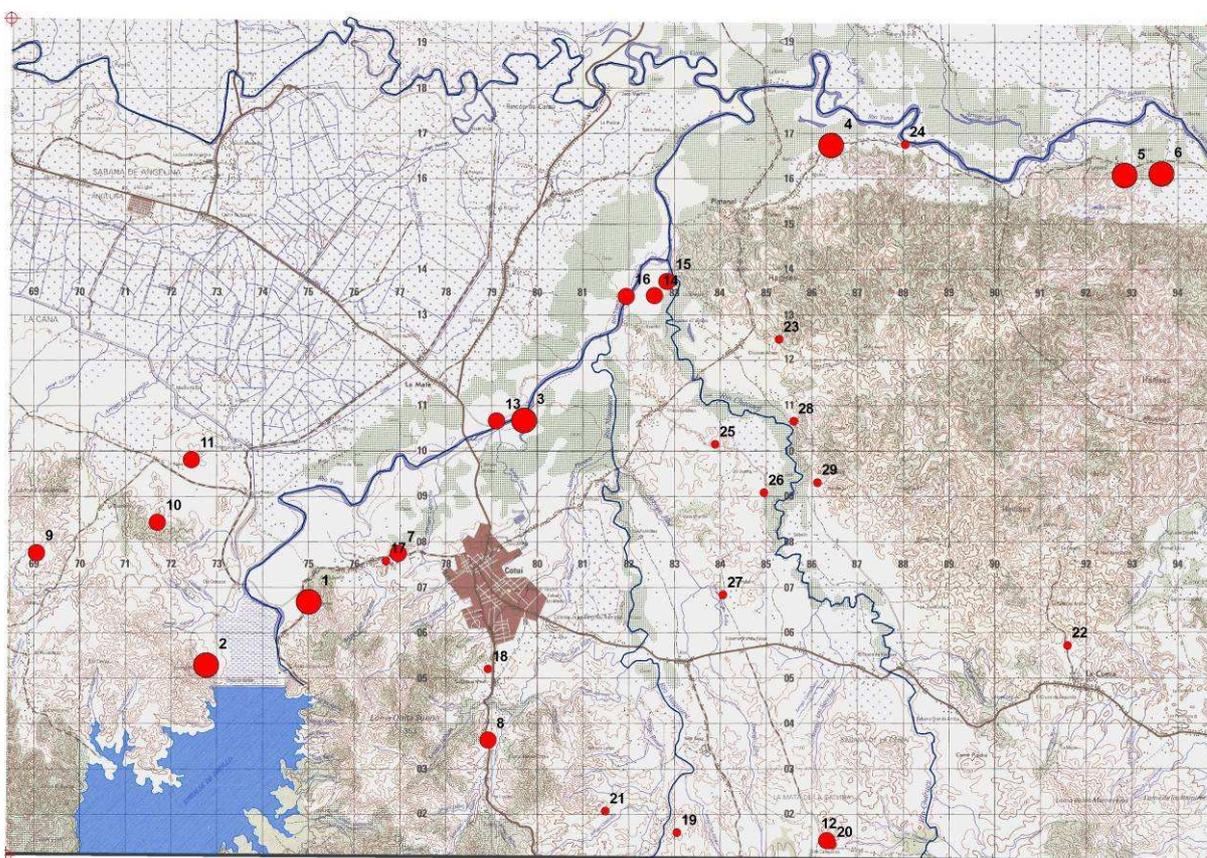
Para caracterizar su importancia, hemos definido tres categoría de manera más o menos subjetiva:

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

Una parte de los materiales necesarios para la construcción de la Presa de Hatillo fue extraída de las antiguas canteras de Quita Sueño y Meladito. En su gran mayoría, las

canteras tienen por objeto la explotación de materiales rocosos para terraplenes y mantenimiento de carreteras. Las carreteras más importantes se establecen en las cercanías del río Yuna, para la construcción y/o la consolidación de los puentes necesarios para atravesar este río.

Aún se explotan los aluviones del río Yuna en diferentes lugares entorno de Cotuí y Chacuey, para la fabricación de hormigón y asfalto. Actualmente estas explotaciones han sido reguladas, y las explotaciones no pueden sobrepasar los 4-5000 m<sup>3</sup>/an.



**Figura 28: Localización e importancia de los principales canteras de la Hoja de Cotuí. Los números permiten su correlación con la Tabla 5.**

## 8 LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO

### 8.1 L.I.G. N°1: VOLCANISMO DE LA FM LOS RANCHOS

#### 8.1.1 Croquis de situación

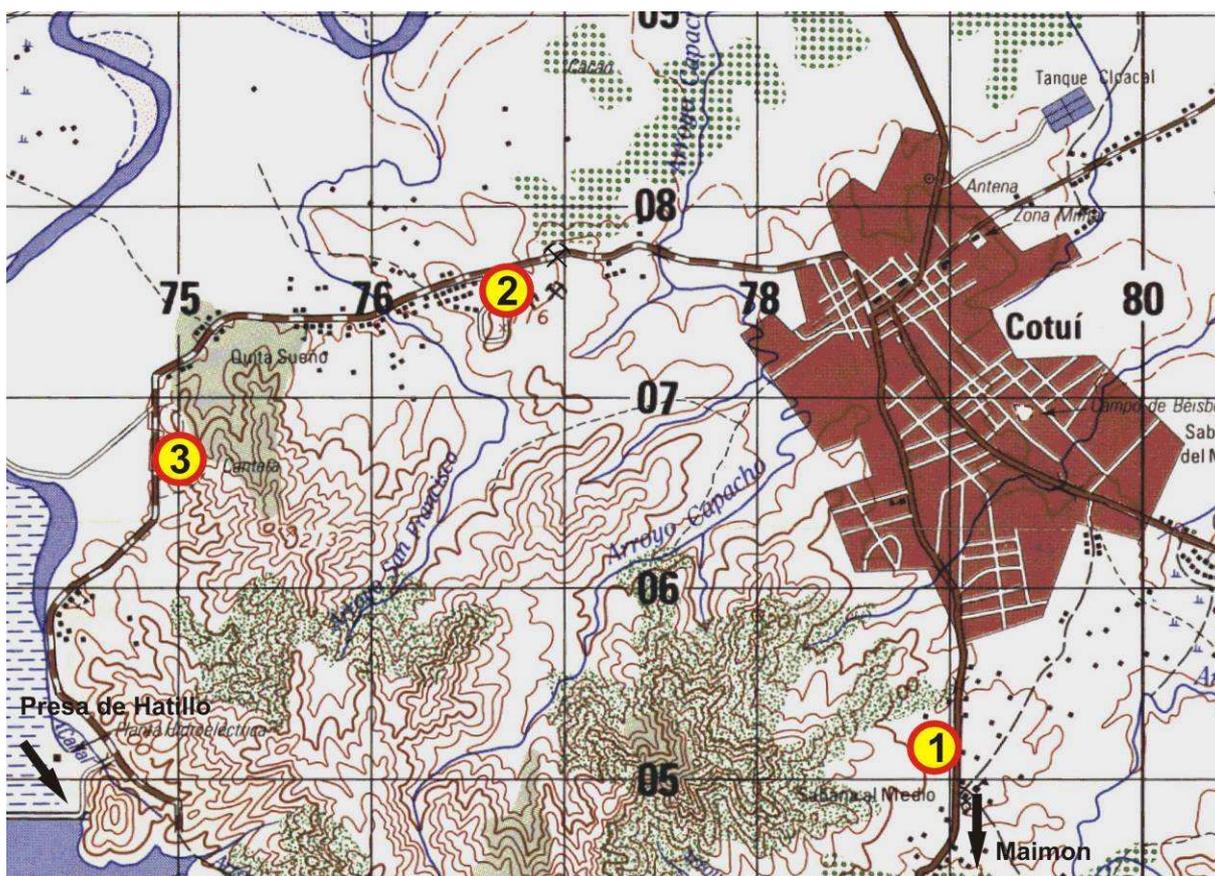


Figura 29: Croquis de situación del LIG 1, Cotuí.

#### 8.1.2 Contenido - Motivación

Las diferentes canteras que rodean Cotuí permiten observar las principales facies que caracterizan la Fm Los Ranchos, en particular las facies basálticas a muro de la formación, además de las intrusiones riódacíticas con la alteración hidrotermal y las piritas diseminadas.

### **8.1.3 Acceso**

El acceso a las diferentes canteras es muy sencillo, y puede realizarse en vehículo.

El punto 1 está localizado en los suburbios de Cotuí, cerca de la carretera Maimón-Cotuí. Cuando se procede de Maimón, se accede por un pequeño camino a la izquierda de la carretera, en las inmediaciones de una iglesia. Se trata de una pequeña cantera abandonada en el borde del camino (Lat= 19.03770, Long= -70.15013; XNAD27= 378922, YNAD27= 2105200).

El punto 2 está situado en el borde izquierdo de la carretera que conduce a la Presa de Hatillo, a la entrada del barrio de Quita Sueño. Allí encontraremos una pequeña cantera intermitente, rodeada de alambre de espinos (Lat= 19.06058, Long= -70.16896; XNAD27= 376958, YNAD27= 2107746).

El punto 3 está también localizado en el borde izquierdo de la carretera que conduce a la Presa de Hatillo, frente a Cabaña María. Es una importante cantera abandonada, utilizada en tiempos de la construcción de la Presa de Hatillo (Lat= 19.05086, Long= 70.18751; XNAD27= 374998, YNAD27= 2106683).

### **8.1.4 Observaciones y comentarios**

El punto 1 (Foto 7) se corresponde con una lava basáltica con magníficas estructuras almohadilladas (pillow-lava) de talla decimétrica, las cuales destacan por la acción de la erosión diferencial. La descripción detallada de la roca ha sido realizada en el capítulo 2, párrafo 2.2.2.1.3.

Las observaciones que se pueden realizar en el punto 2 (Foto 5) dependen de la evolución del frente de explotación, ya que se trata de una pequeña cantera que se explota ocasionalmente. En el momento de nuestra visita, los bancos superiores permitían ver un enjambre de diques basálticos bandeados y verticalizados, atravesando de un modo neto las facies de coladas y brechas piroclásticas básicas subhorizontales.

La cantera del punto 3 se abre con un conjunto homogéneo de riolitas-riodacitas masivas, con grandes cuarzos globulares. La descripción microscópica de la roca se ha realizado en

el párrafo 2.2.2.3.1. La roca está igualmente marcada por cristales milimétricos de pirita. La facies está alterada a arcillas, con la presencia bandas de alteración amarillo óxido a blanquecino, probablemente relacionado con un precoz proceso de alteración hidrotermal de la roca, como los que se observan en la periferia de yacimientos epitermales. Aunque esta alteración podría estar relacionada con meteorización reciente de la pirita presente en una cantidad no desdeñable en las rocas.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

ABAD DE LOS SANTOS M. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Cevicos (6273-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

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

APALATEGUI ISASA O. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Fantino (6173-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

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

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

BELLON H., VILLA J.M., MERCIER de LEPINAY B. (1985): Chronologie 40K-39Ar et affinités géoquímiques des manifestations magnatiques au Crétacé et au Paléogène dans l'isle d'Hispaniola. Geodynamique des Caribes, Symposium Paris, 5-8 Février 1985, Editions Technip, p. 329-340.

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

---

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

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

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

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

BOWIN C. (1960): Geology of central Dominican Republic. Ph. D. Thesis, Princeton University. Princeton, New Jersey, 211 p.

BOWIN C. (1966): Geology of the central Dominican Republic. A case history of part of an island arc. In Hess H.H. ed., Caribbean geological investigations. Geological Society of America Memoir 98, p. 11-98.

BOWIN C. (1975): The geology of Hispaniola, En: The ocean basins and margins; Volume 3, The Gulf of Mexico and the Caribbean, (NAIM A. y STEHLI F., Eds.), New York, Plenum Press, p. 501-552.

BRAGA ALARCON J.C. (2009)<sup>o</sup>: Informe sobre las Formaciones Arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

---

BRIQUEAU L., BOUGAULT H., JORON J.L. (1984): Quantification of Nb, Ta, Ti and V anomalies in magmas associated with subduction zones: petrogenetic implications. *Earth and Planetary Science Letters*, 68, p.297-308.

BROUWER S.B., BROUWER P.A. ( 1980): Geología de la region ambarifera oriental de la República Dominicana. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. *Memorias*, vol 1, p. 303-322.

BROWN G.C., THORPE R.S., WEBB P.C. (1984): The geochemical characteristics of granitoids in contrasting areas and comments on magma sources, *Journal of the Geological Society of London*, 141, p. 413-426.

BURKE K., FOX P.J.Y, SENGOR A.M.C. (1978): Buoyant ocean floor and the evolution of the Caribbean. *Journal of Geophysical Research*, v. 83, p. 3949-3945.

BURKE K., GRIPPI J., SENGOR A.M.C. (1980): Neogene structures in Jamaica and the tectonic style of the northern Caribbean plate boundary zone. *Journal of Geophysical Research*, v. 88, p. 375-386.

BYRN D.B., SUAREZ G., McCANN W.R. (1985): Muertos Trough subduction; Microplate tectonics in the northern Caribbean ? *Nature*, v. 317, p. 420-421.

CALAIS E., PERROT J., MERCIER de LEPINAY B. (1998): Strike-slip tectonics and seismicity along the northern Caribbean plate boundary from Cuba to Hispaniola. In Dolan J.F. and Mann P., eds., *Active strike-slip and collisional tectonics of the Northern Caribbean plate boundary zone*, Geological Society of America Special Paper 326, p. 125-142.

CHAMPETIER Y., MADRE M., SAMAMA J.C., TAVARES I. (1980): Localisation de l'ambre au sein des séquences à lignites en République Dominicaine. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. *Memorias*, vol 1, p. 277-279.

CHAPPELL B.W., WHITE A.J.R. (1974): Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8, pp 173-174.

---

COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE (CGG) (1999): Informe final sobre la prospección magnética y radiométrica aereoportada del territorio de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto E. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

COTTARD F., CAZAUX D., OSIRIS de LEON R. (2003): Programa SYSMIN 7 ACP DO 024. Proyecto O. Estudios ambientales de base de las instalaciones mineras de Rosario Dominicana. Tarea 1. Recopilacion de la informacion disponible. Informe inédito, BRGM/RC-52298-FR, 133 p.

COX K.G., BELL J.D., PANKHURST R.J. (1979): The Interpretation of Igneous Rocks, George Allen and Unwin, London. R.A. Batchelor and P. Bowden, 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters, Chemical Geology, vol. 48, 43-55.

CRAWFORD A.J., FALLOON T.J., GREEN D.H. (1989): Classification, petrogenesis and tectonic setting of boninites. In A.J. Crawford (ed.). Boninites and related rocks. Unwin Hyman London, p. 1-49.

CRIBB J.W., JIMENEZ J., LEWIS J.F., SUTTER J.F. (1989):  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages from Loma de Cabrera batholith. Implications for timing of tectonic events in northern Hispaniola. Geological Society of American Abstracts with Programs, v. 21, no. 6, p. A267.

DAILY A.F. (1974): Reporte sobre Placer's en la concession Cuaron y Laguna Redonda. Informe inédito, Dirección General de Minería 14-74-001. Santo Domingo.

DE LA FUENTE L., ELLIS G.M. (1980): Informe sobre la investigacion geologica de la Cordillera Oriental, sector El Rancho. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. Memorias, vol 2, p. 669-673.

DE LA FUENTE S. (1976): Geografía Dominicana. Amigo del Hogar, Santo Domingo, 272 p.

de ZOETEN R., MANN P. (1991): Structural geology and Cenozoic tectonic history of the central Cordillera Septentrional, Dominican Republic. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann P., Draper G. y Lewis J.F., eds.), Geological Society of America Special Paper, 262, p. 265-279.

---

de ZOETEN R., MANN P. (1999): Cenozoic El Mamey Group of Northern Hispaniola: a sedimentary record of subduction, collisional and strike-slip events within the North America – Caribbean Plate boundary zone. Caribbean basins. Sedimentary basins of the world, 4 edited by P. Mann (series editor: K.J. Hsü), p. 247-286.

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

DIAZ DE NEIRA J.A. (2004): Mapa geológico a 1:50 000 de Miches (6372-I). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2004): Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de Monte Plata (6272). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2004): Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de El Seibo (6372). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2004): Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de Las Lisas (6472-Mitad occidental). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Boca Chica (6271-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

---

DIAZ DE NEIRA J.A. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Guerra (6271-I). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Juanillo (6571-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Pantanal (6571-IV). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Sabana de la Mar (6273-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Santo Domingo (6271-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Villa Mella (6271-IV). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ DE NEIRA J.A. (2010): Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de Santo Domingo (6271). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

---

DIAZ DE NEIRA J.A., HERNAIZ HUERTA P.P. (2004): Mapa geológico a 1:50 000 de Antón Sánchez (6272-I). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

DIAZ de NEIRA J.A., MARTIN-SERRANO A. y ESCUER J. (2007): Evolucion geomorfologica de la Cordillera Oriental Dominicana. Boletin Geologico y Minero, Vol. 118, n°2, p. 385-400.

DIAZ de NEIRA J.A., MARTIN-SERRANO A., PEREZ CERDAN F. y ESCUER J. (2007): Aplicacion de la cartografia de procesos activos a la Hoya de Enriquillo (Suroeste de la Republica Dominicana). Boletin Geologico y Minero, Vol. 118, n°2, p. 401-413.

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

DIRECCIÓN GENERAL DE MINERÍA (DGM) (1984): Formaciones del Suroeste de la República Dominicana. Santo Domingo, 500 p.

DIXON T.H., DAILY M.I. (1981): Analysis of a SEASTAT-SAR image of the northeastern Dominican Republic, Paris, France, Photo-Interpretation, v.5, p. 4.3-4.7.

DOLAN J., 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. In Mann P., Draper G. and Lewis J.F., eds., Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 262, p. 217-263.

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

DOLAN J.F., MANN P., de ZOETEN R., HEUBECK C., SHIROMA J. (1991): Sedimentologic, stratigraphic, and tectonic synthesis of Eocene-Miocene sedimentary basins, Hispaniola and Puerto Rico. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate

---

boundary in Hispaniola (Mann P., Draper G. y Lewis J.F., eds.), Geological Society of America Special Paper, 262, p. 217-263.

DOLAN J.F., MULLINS H.T., WALD D.J. (1998): Active tectonics of the north-central Caribbean: Oblique collision, strain partitioning and opposing subducted slabs. In Dolan J.F. and Mann P., eds., Active strike-slip and collisional tectonics of the Northern Caribbean plate boundary zone, Geological Society of America Special Paper 326, p. 1-62.

DOLAN J.F., WALD D.J. (1998): The 1943-1953 north-central Caribbean earthquakes: Active tectonic setting, seismic hazards, and implications for Caribbean-North America plate motions. In Dolan J.F. and Mann P., eds., Active strike-slip and collisional tectonics of the Northern Caribbean plate boundary zone, Geological Society of America Special Paper 326, p. 143-170.

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

DONNELLY T.W. (1973): Late Cretaceous basalts from the Caribbean, a possible flood basalt province of vast size. EOS Transactions American Geophysical Union. 54, 1004.

DONNELLY T.W. (1989): Geologic history of the Caribbean and Central America. In A.W. Bally, A.R. Palmer (eds). An Overview. The geology of North America. Geological Society of America, Boulder, Colorado, Vol. A, p. 299-321.

DONNELLY T.W. (1994): The Caribbean sea floor. In S.K. Donovan, T.A. Jackson (eds.). Caribbean Geology: An Introduction. U.W.I. Publ Assoc, Kingston, p. 41-64.

DONNELLY T.W., BEETS D., CARR M., JACKSON T., KLAVER G., LEWIS J., MAURY R., SCHELLEKENS H., SMITH A., WADGE G., WESTERN CAMP D.(1990): History and tectonic setting of the Caribbean magmatism. En: The Caribbean Region, The Geology of North America (DENGO, G. y CASE, J. Eds). Geol. Soc. America. Boulder, Colorado, Vol. H, p.339-374.

---

DONOVAN S.K., JACKSON T.A. (1994): Caribbean Geology an Introduction. The University of The West Indies Publishers Associations, Kinston, Jamaica, 289 p.

DOUGLAS R.C. (1961): Orbitolinas from Caribbean Islands. *Journal of Paleontology*, 35, 3, p. 475-479.

DOUGLAS-ROBERTSON and ASSOCIATES, INC. (1981): Report on Sanchez Coal Project. Phase I Exploration November 1980 – November 1981 for Rosario Dominicana, S.A., Dominican Republic. Unpublished report, dated November 30, 1981, 81 p.

DOUGLAS-ROBERTSON and ASSOCIATES, INC. (1983): Report on East Cibao / El Valle Coal Project for Rosario Dominicana, S.A., Dominican Republic. Unpublished report, dated April 8, 1983, 51 p.

DRAPER G., GUTIERREZ G., LEWIS J.F. (1996): Thrust emplacement of the Hispaniola peridotite belt: Orogenic expresion of the Mid Cretaceous Caribbean arc polarity reversal. *Geology*, v.24 (12): p. 1143-1146.

DRAPER G., LEWIS J.F. (1982): Petrology, deformation and tectonic significance of the Amina Schists, northern Dominican Republic, In Amigo del Hogar (ed.). Transactions of the 9th Caribbean Geological Conference, Santo Domingo, República Dominicana, p. 53-64.

DRAPER G., LEWIS J.F. (1991): Metamorphic belts in central Hispaniola. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann, P., Draper, G. y Lewis, J.F., eds.), Geological Society of America Special Paper 262, p. 29-45.

DRAPER G., NAGLE F. (1991): Geology, structure, and tectonic development of the Río San Juan Complex, northern Dominican Republic. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann, P., Draper, G. y Lewis, J.F., eds.), Geological Society of America Special Paper 262, p. 77-95.

DRUMMOND M.S., DEFANT M.J. (1990): A model for trondhjemite-tonalita-dacite genesis and crustal growth via slab melting: Archean to Modern comparisons. *Journal of Geophysical Research*, 95, p. 21503-21521.

---

EBERLE W., HIRDES W., MUFF R., PELAEZ M. (1980): The geology of the Cordillera Septentrional (Dominican Republic). 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. Memorias, vol 2, p. 619-629.

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

EPTISA (2004): Informe de la unidad hidrogeológica de la Cordillera Oriental. Programa Sysmin, 212 p..

EPTISA (2004): Informe de la unidad hidrogeológica de Los Haitises. Programa Sysmin, 165 p..

EPTISA (2004): Informe de la unidad hidrogeológica del Valle del Cibao. Programa Sysmin, 327 p..

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

ESCUDER VIRUETE J., CONTRERAS F., JOUBERT M., URIEN P., STEIN G., WEIS D. y PEREZ-ESTAUN A (2007): Tectonica y geoquimica de la Formacion Amina: registro del arco isla Caribeno primitivo en la Cordillera Central, Republica Dominicana. Boletin Geologico y Minero, Vol. 118, n°2, p. 221-242.

ESCUDER VIRUETE J., CONTRERAS F., JOUBERT M., URIEN P., STEIN G., LOPERA E., WEIS D., ULLRICH T. y PEREZ-ESTAUN A. (2007): La secuencia magmatica del Jurasico Superior-Cretacico Superior de la Cordillera Central, Republica Dominicana. Boletin Geologico y Minero, Vol. 118, n°2, p. 243-268.

ESCUDER VIRUETE J., DIAZ de NEIRA A., HERNAIZ HUERTA P.P., GARCIA-SENZ J., MONTHEL J., JOUBERT M., LOPERA E., ULLRICH T., FRIEDMAN R., WEIS D. y PEREZ-

---

ESTAUN A. (2007): Implicaciones tectonomagmáticas y edad de las toleitas de arco-isla, boninitas y rocas ácidas relacionadas de la Formación Los Ranchos, Cordillera Oriental, República Dominicana. *Boletín Geológico y Minero*, Vol. 118, n°2, p. 195-174.

ESCUER VIRUETE J., DIAZ de NEIRA A., HERNANDEZ HUERTA P.P., MONTHEL J., GARCIA-SENZ J., JOUBERT M., LOPERA E., ULLRICH T., FRIEDMAN R., MORTENSEN J., PEREZ-ESTAUN A. (2006): Magmatic relationships and ages of Caribbean Island arc tholeiites, boninites and related felsic rocks, Dominican Republic. *Lithos* 90 (2006), pp 161-186.

ESCUER VIRUETE J., HERNANDEZ HUERTA P.P., DRAPER G., GUTIERREZ G., LEWIS J.F., PÉREZ-ESTAUN A. (2002): Metamorfismo y estructura de la Formación Maimón y los Complejos Duarte y Río Verde, Cordillera Central Dominicana: implicaciones en la estructura y la evolución del primitivo Arco Isla Caribeño. *Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. Acta Geologica Hispanica*. v. 37 (2002), n° 2-3, p.123-162.

ESCUER SOLE J. (2010): Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de San Francisco de Macorís (6173). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

ESCUER SOLE J. (2010): Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de Sánchez (6273). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

ESPAILLAT J., BLOISE G., MACVEIGH J.G., LEWIS J.F. (1989): Petrography and geochemistry of mafic rocks of Peralvillo Formation in the Sabana Potrero area, Central Dominican Republic. In D.K. Laure, G. Draper (eds.). *Transactions of the 12th Caribbean Geological Conference*.

---

ESPY J.A. (2000): Análisis y ordenación de la minería artesanal. Proyecto C. Programa SYSMIN. Dirección General de Minería, Santo Domingo.

FALCONBRIDGE DOMINICANA (1988): Informes internos. Preliminary Discussion of Results. Cordillera Oriental Project, 2 de Mayo de 1988, 6 p.; Cordillera Oriental Project, J. J. Watkins, y C. Chávez Castro, 15 de Julio de 1988, 25 p. Centro de Documentación, Dpto. de Exploraciones Falconbridge.

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

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

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

GARCIA SENZ J. (2004): Mapa geológico a 1:50 000 de Hato Mayor del Rey (6372-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

GARCIA SENZ J. (2004): Mapa geológico a 1:50 000 de Rincón Chavón (6472-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

GARCIA-LOBON J.L. y AYALA C. (2007): Cartografía geofísica de la República Dominicana: datos de densidad, susceptibilidad magnética y magnetización remanente. Boletín Geológico y Minero, Vol. 118, n°2, p. 175-194.

---

GARCIA-SENZ J., MONTHEL J., DIAZ de NEIRA A., HERNAIZ HUERTA P.P., CALVO J.P. y ESCUDER VIRUETE J. (2007): Estratigrafía del Cretácico Superior de la Cordillera Oriental de la República Dominicana. Boletín Geológico y Minero, Vol. 118, nº2, p. 269-292.

GARCIA-SENZ J., MONTHEL J., DIAZ de NEIRA A., HERNAIZ HUERTA P.P., ESCUDER VIRUETE J. y PEREZ-ESTAUN A. (2007): La estructura de la Cordillera Oriental de la República Dominicana. Boletín Geológico y Minero, Vol. 118, nº2, p. 293-312.

GARCIA-SENZ J., PEREZ-ESTAUN A. (2008): Miocene to recent tectonic elevation in Eastern Dominican Republic. 18va Conferencia Geológica del Caribe. Poster, Santo Domingo, marzo 2008.

GILBERT A. (2004): Rapport sur les recherches spéléologiques et archéologiques effectuées sur le secteur géographique de El Macao et El Salado. Provincia de La Altagracia. República Dominicana. Expédition Guacaras Tainas 14-2004. Museo del Hombre Dominicano. Santo Domingo, 38 p.

GILBERT A. (2006): Compte rendu d'expédition spéléologique en République Dominicaine. Expédition Guacaras Tainas 16/2006. Fédération Française de Spéléologie. Commission des Relations et des Expéditions Internationales., Lyon, France, 128 p.

GILL J.B. (1981): Orogenic andesites and plate tectonics. Springer Verlag, New York, 390 p.

GUGLIELMO G. Jr and WINSLOW M.A. (198?): Geology of the Eastern San Francisco push-up: Northeastern Hispaniola. Transactions of the 11th Caribbean Geological Conference Barbados.

HARDING T.P., LOWELL J.D. (1979): Structural styles, their plate-tectonic habitats, and hydrocarbon traps in petroleum provinces: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 63, p. 1016-1058.

HERNAIZ HUERTA P.P. (2000): Mapa geológico a 1:50 000 de Arroyo Caña (6172-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN de Cartografía Geotemática de la República Dominicana.. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

---

HERNAIZ HUERTA P.P. (2000): Mapa geológico a 1:50 000 de Villa Altagracia (6172-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN de Cartografía Geotemática de la República Dominicana.. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

HERNAIZ HUERTA P.P. (2004): Mapa geológico a 1:50 000 de Monte Plata (6272-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

HERNANDEZ J.B. (1980): Geología preliminar del area «El Valle», Provincia El Seybo, República Dominicana. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. Memorias, vol 2, p. 675-680.

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

HORAN S.L. (1995): The geochemistry and tectonic significance of the Maimon-Amina schists, Cordillera Central. Dominican Republic, Unpublished M.Sc. thesis, University of Florida, Gainesville. 172 p.

HUGHES C.J. (1973): Spilites, keratophyles and the igneous spectrum. Geological Magazine, 109, p. 513-527.

HUMPHRIS S.E., THOMPSON G. (1978): Hydrothermal alteration of oceanic basalts by seawater. Geochimica et Cosmochimica Acta, 42, p.107-125.

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

JENNER G.A., SWINDEN H.S. (1993): The Pipestone Pond Complex, Central Newfoundland: complex magmatism in an Eastern Dunnage Zone ophiolite. Canadian Journal of Earth Sciences, 30, p. 434-448.

JORDAN T.H. (1975): The present-day motions of the Caribbean plate: Journal of Geophysical Research, Vol. 80, p. 4433-4439.

---

JOUBERT M. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Palmar Nuevo (6273-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

KERR A.C., ANDREW C., TARNEY J. (1996): The Caribbean-Colombian Cretaceous Igneous Province: The Internal Anatomy of an Oceanic Plateau. En: AUG Monography on Large Igneus Provinces, (MAHONY J.J. y COFIN M. Eds.).

KERR A.C., TARNEY J., MARRINER J.G., NIVIA, A., SAUNDERS A.D. (1997): The Caribbean-Colombian Cretaceous Igneous Province: The Internal Anatomy of an Oceanic Plateau. En: Large Igneus Provinces, (MAHONY J.J. y COFIN M. Eds.) AUG Monographie.

KESLER S.E., RUSSELL N., POLANCO J., McCURDY K., CUMMING G.L. (1991): Geology and geochemistry of the early Cretaceous Los Ranchos Formation, central Dominican Republic. In Mann P., Draper G. and Lewis J.F., eds., Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 262, p. 187-201.

KESLER S.E., RUSSELL N., REYES C., SANTOS L., RODRÍGUEZ A., FONDEUR L. (1991): Geology of the Maimón Formation, Dominican Republic. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann, P., Draper, G. y Lewis, J.F., eds.), Geological Society of America Special Paper 262, p. 173-185.

KESLER S.E., RUSSELL N., SEAWARD M., RIVERA J., McCURDY K., CUMMING G.L., SUTTER J.F. (1981): Geology and geochemistry of sulfide mineralization underlying the Pueblo Viejo gold-silver deposit, Dominican Republic, Economic Geology, 76, p. 1096-1117.

KESLER S.E., SUTTER J.F. (1977): Progres report on radiometric age determinaton in the Caribean region. Abstracts, 8th. Caribbean Geological Conference, p. 85-86.

KESLER S.E., SUTTER J.F., BARTON J.M., SPECK R.C. (1991): Age of intrusive rocks in Northern Hispaniola. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean

---

plate boundary in Hispaniola (MANN P., DRAPER G. y LEWIS J.F., Eds.), Geological Society of America Special Paper, 262, p. 165-172.

KESLER S.E., SUTTER J.F., JONES L.M., WALKER R.L. (1977): Early Cretaceous basement rocks in Hispaniola. *Geology*, 5, p. 245-247.

KROGH T. E. (1982): Improved accuracy of U-Pb zircon ages by the creation of more concordant systems using an air abrasion technique. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46, p. 637-649.

KULSTAD R. (1980): Investigacion geologica preliminar del sector Miches, Cordillera Oriental, República Dominicana. 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. *Memorias*, vol 2, p. 663-668.

KYSAR G., LEWIS J.F., MORTENSEN J.K. (1998): U-Pb zircon age constraints for Paleogene igneous rocks of the Sierra Maestra, southeastern Cuba. In: Abstract with programs, Geological Society of America Annual Meeting, Toronto. p.185.

LABAUME P. (1992): Evolution tectonique et sédimentaire des fronts de chaîne sous-marins. Exemples des Apennins du Nord, des Alpes Françaises et de Sicile. Thèse d'Etat. Univ. de Montpellier II, 475 p.

LABAUME P., MUTTI E., SEGURET M., ROSELL J. (1983): Mégaturbidites carbonatées du bassin turbiditique de l'Eocène inférieur et moyen sud-pyrénéen. *Bull. Soc. Géol. France*, 1983, (7), t.XXV, n°6, pp. 927-941.

LASSEUR E. y MONTHEL J. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Higuey (6471-I). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

LASSEUR E. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Bavaro (6572-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

---

LASSEUR E. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Boca del Soco (6371-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

LASSEUR E. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de La Romana (6471-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

LASSEUR E. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Los Llanos (6371-IV). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

LASSEUR E. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de San Pedro de Macorís (6371-III). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

LASSEUR E. y MONTHEL J. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Ramón Santana (6371-I). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

LEBRÓN M.C. (1989): Petrochemistry and tectonic significance of late Cretaceous calcalkaline volcanic rocks, Cordillera Oriental, Dominican Republic. M. Sc. Thesis, Univ. Florida. Gainesville. Fla. 154 p.

LEBRÓN M.C., MANN P. (1991): Geologic map of the eastern Dominican Republic. En: P. Mann, G. Draper and J. Lewis (Editors), Geologic and Tectonic Development of the North America-Caribbean Plate in Hispaniola. Geol. Soc. Am. Spec. Pap., 262, scale 1:150 000.

---

LEBRÓN M.C., PERFIT M.R. (1993): Stratigraphic and Petrochemical Data Support Subduction Polarity Reversal of the Cretaceous Caribbean Island Arc.: *Journal of Geology*. V. 101, p. 389-396.

LEBRÓN M.C., PERFIT M.R. (1994): Petrochemistry and tectonic significance of Cretaceous island-arc rocks, Cordillera Oriental, Dominican Republic. *Tectonophysics*, 229 (1994), p. 69-100, Elsevier Science B.V., Amsterdam.

LETICEE J.L., RANDRIANASOLO A, CORNEE J.J., MUNCH Ph., LEBRUN J.F., SAINT-MARTIN J.P. y VILLENEUVE M. (2005): Mise en evidence d'une discontinuité émerasive majeure au sein de la plate-forme récifale plio-pléistocène de l'avant-arc des Petites Antilles. *C.R. Geoscience* 337 (2005), p. 617-624. <http://france.elsevier.com/direct/CRAS2A/>.

LEWIS J.F. (1982): Granitoid Rocks in Hispaniola. *Transactions of the 9th Caribbean Geological Conference*, Santo Domingo, Dominican Republic, 1980: Amigo del Hogar Publishers, p. 403-408.

LEWIS J.F. (1982): Ultrabasic and associated rocks in Hispaniola. *Transactions of the 9th Caribbean Geological Conference*, Santo Domingo, Dominican Republic, 1980: Amigo del Hogar Publishers, p. 403-408.

LEWIS J.F., AMARANTE A., BLOISE G., JIMENEZ G., J.G., DOMINGUEZ H.D. (1991): Lithology and stratigraphy of upper Cretaceous volcanic, and volcanoclastic rocks of Tíreo Group, Dominican Republic, and correlations with the Massif du Nord in Haiti. En: *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola* (MANN P., DRAPER G. y LEWIS J.F., Eds.), Geological Society of America Special Paper, 262 p.

LEWIS J.F., ASTACIO V.A., ESPAILLAT J., JIMENEZ J. (2000): The occurrence of volcanogenic massive sulfide deposits in the Maimon Formation, Dominican Republic: The Cerro de Maimón, Loma Pesada and Loma Barbuíto deposits. In R. Sherlock, R. Barsch, A. Logan (eds.). *VMS deposits of Latin America*. Geological Society of Canada Special Publication, p. 223-249.

---

LEWIS J.F., DRAPER G. (1990): Geological and tectonic evolution of the northern Caribbean margin: Decade of North American Geology, v. H: The Caribbean, Geol. Soc America, p.77-140.

LEWIS J.F., ESCUDER VIRUETE J., HERNAIZ HUERTA P.P., GUTIERREZ G., DRAPER G., PÉREZ-ESTAÚN A. (2002): Subdivisión geoquímica del Arco Isla Circum-Caribeño, Cordillera Central Dominicana: implicaciones para la formación, acreción y crecimiento cortical en un ambiente intraoceánico. Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. Acta Geologica Hispanica. v. 37 (2002), nº2-3, p.81-122.

LEWIS J.F., PERFIT M., HORAN S., DIAZ de VILLAVILLA A. (1995): Geochemistry and petrotectonic significance of early arc bimodal volcanism in the Greater Antillas Arc. Abstracts with Programs, Annual Meeting, Geological Society of America, New Orleans, A227.

LOPERA E. (2004): Mapa de recursos minerales a 1:100 000 de El Seibo (6372) y Las Lisas (6472). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. D Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

LOPERA E. (2004): Mapa de recursos minerales a 1:100 000 de Monte Plata (6272). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

LOURENS L., HILGEN F., SHACKLETON N.J., LASKAR J., WILSON D. (2004) - The Neogene Period in GRADSTEIN F., OGG J. & SMITH A.G. (ed), A Geologic Time Scale 2004, p. 409-440.

LUDEN J., GELINAS L., TRUDEL P. (1982): Archean metavolcanics from the Rouyn-Noranda district. Albitibi greenstone belt, Quebec. 2. Mobility of trace elements and petrogenetic constraints. Canadian Journal of Earth Science, 19, p. 2276-2287.

LUDWIG K.R. (1980): Calculation of uncertainties of U-Pb isotope data. Earth and Planetary Science Letters, 46, p. 212-220.

---

LUDWIG K.R. (2003): Isoplot 3.00. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center, Special Publication No. 4

LUTERBACHER H.P., ALI J.R., BRINKHUIS H., GRADSTEIN F.M., HOOKER J.J., MONECHI S., OGG J.G., POWELL J., RÖHL U., SANFILIPPO A., SCHMITZ B. (2004) - The Paleogene Period in A Geologic Time Scale 2004, eds. Felix M. GRADSTEIN, James G. OGG, and Alan G. SMITH. Published by Cambridge University Press. © F.M. GRADSTEIN, J.G. OGG, and A.G. SMITH 2004 (20) - p. 384-408.

MANIAR P.D., PICCOLI P.M. (1989): Tectonic discrimination of granitoids, Geological Society of America Bulletin, vol.101, p.635-643.

MANN P. (1983): Cenozoic tectonics of the Caribbean structural and stratigraphic studies in Jamaica and Hispaniola. Tesis Doctoral. Universidad de New York, Albany, 688 p. (Inédito).

MANN P., BURKE K., MATSUMOTO T. (1984): Neotectonics of Hispaniola; Plate motion, sedimentation and seismicity at a restraining bend. Earth and Planetary Science Letters, 70: p. 311-324.

MANN P., DRAPER G., LEWIS J.F. (1991): Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262 p.

MANN P., DRAPER G., LEWIS, J.F. (1991): An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (Mann P., Draper G. y Lewis J.F., eds.), Geological Society of America Special Paper 262, p. 1-28.

MANN P., PRENTICE C.S., BURR G., PENA L.R., TAYLOR F.W. (1998): Tectonic geomorphology and paleoseismology of the Septentrional fault system, Dominican Republic. In Dolan J.F. and Mann P., eds., Active strike-slip and collisional tectonics of the Northern Caribbean plate boundary zone, Geological Society of America Special Paper 326, p. 63-124.

---

MANN P., TAYLOR F.W., EDWARDS R.L., KU T.L. (1995): Actively evolving microplate formation by oblique collision and sideways motion along strike-slip faults: An example from the northeastern Caribbean plate margin. *Tectonophysics*, V. 246, p. 1-69.

MARCANO F. Eugenio de Js, TAVARES I. (1982): Formacion La Isabela, Pleistoceno temprano. Museo Nacional de Historia Natural, Santo Domingo, publicaciones especiales, numero III, 30 p.

MARCHI I. (2002): Evaluacion tecnico-comercial del yacimiento de feldespato de la concession de explotacion minera del "Bebedero". Informe inédito, Espumas Industriales, 7 p. Santo Domingo.

MARTÍN FERNÁNDEZ M. (2000): Mapa geológico a 1:50 000 de Hatillo (6172-I). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN de Cartografía Geotemática de la República Dominicana.. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MASSON D.G., SCANLON K.M. (1991): The neotectonic setting of Puerto Rico. *Geological Society of America Bulletin*, v. 103, no. 1, p. 144-154.

MATTHEWS J.E., HOLCOMBE T.L. (1976): Possible Caribbean underthrusting of the Greater Antilles along the Muertos Trough. In: *Transactions, Caribbean Geological Conference VII, Guadeloupe (1974)*. Ministere de l'Industrie et de la Recherche, Point-a-Pitre, French Antilles, p.235-242.

MATTSON P.H. (1979): Subduction, buoyant braking, flipping and strike-slip faulting in the Northern Caribbean. *Journal of Geology*. Vol. 87, p. 293-304.

MAUFFRET A., LEROY S. (1997): Seismic stratigraphy and structure of the Caribbean igneous province. *Tectonophysics*, 283, p. 61-104.

McCANN W.R., SYKES L.R. (1984): Subduction of aseismic ridges beneath the Caribbean Plate: Implications for the tectonics and seismic potential of the northeastern Caribbean. *Journal of Geophysical Research*, v. 89, p. 4493-4519.

---

McCLAY K, BONORA M. (2001): Analog models of restraining stepovers in strike-slip fault systems. AAPG Bulletin, V. 85, n°2, pp 233-260.

MEDIATO ARRIBAS J. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de La Granchorra (6470-I). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MEDIATO ARRIBAS J. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Mano Juan (6470-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MEDIATO ARRIBAS J. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de San Rafael del Yuma (6471-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n°9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MEDIATO ARRIBAS J. (2010): Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de San Pedro de Macorís (6371). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MEDIATO ARRIBAS J. (2010): Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de La Romana (6471). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MEDIATO ARRIBAS J. (2010): Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de Bávaro (6572) y Juanillo (6571). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

---

MEDIATO ARRIBAS J. (2010): Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de La Granchorra (6470). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MEDIATO ARRIBAS J. (2010): Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de Las Lisas (6472 – Mitad oriental). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MERCIER de LEPINAY B. (1987): L'évolution géologique de la bordure Nord-Caraïbe: l'exemple de la transversale de l'île d'Hispaniola (Grandes Antilles). Thèse de Doctorat d'Etat es Sciences de l'Université P. et M. Curie, Paris, 255 p.

MESCHEDE M. (1986): A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram, Chemical Geology, vol.56, p. 207-218.

MICHELSON H. (1977): Lignite and peat survey in the Dominican Republic (december 1976 – March 1977). Area parcial Bajo yuna – Peninsula Samana. Tahal consulting engineers, Ltd and acueductos y alcantarillados, C. por A., Informe inédito, 49 p., Dirección General de Minería 22-77-002. Santo Domingo.

MIDDLEMOST E.A.K. (1989): Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks, Chemical Geology, vol.77, p. 19-26.

MITCHELL S.F., GUNTER G.C. (2002): Biostratigraphy and taxonomy of the rudist Chiapasella in the Titanosarcolithes Limestones (Maastrichtian) of Jamaica. Cretaceous Research 23, p. 473-487.

MONTGOMERY H., PESSAGNO E.A., PINDELL J.L. (1994): A 195 Ma terrane in a 165 Ma sea: Pacific origin of the Caribbean Plate: GSA Today, 1(1), p. 1-6.

---

MONTHEL J y LASSEUR E.. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de Guaymate (6471-IV). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MONTHEL J. (2004): Mapa geológico a 1:50 000 de El Seibo (6372-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MONTHEL J. (2004): Mapa geológico a 1:50 000 de El Valle (6372-IV). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MONTHEL J. (2004): Mapa geológico a 1:50 000 de Las Lisas (6472-IV). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MONTHEL J. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de El Salado (6472-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MONTHEL J. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de La Vacama (6472-I). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

MONTHEL J., CAPDEVILLE J.P. (2004): Mapa geológico a 1:50 000 de Bayaguana (6272-II). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto L-Este. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

---

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

NADAI A. C. (1987): Tectonostratigraphy of the San Francisco Ridge area in the Northeastern Cibao Valley, Dominican Republic. 31 p.

NADAI A.C. and WINSLOW M.A. (198?): Tectonostratigraphy of the San Francisco Ridge area in the Northeastern Cibao Valley, Dominican Republic. Transactions of the 11th Caribbean Geological Conference Barbados.

NAGLE F. (1979): Geology of the Puerto Plata area, Dominican Republic. Hispaniola: tectonic focal point of the Northern Caribbean. Three geologic studies in the Dominican Republic, Miami Geological Society, compiled and edited by B. Lidz and F. Nagle, p. 1-28.

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

NATRISK (2008): Catalogo de inundaciones en la Cuenca del rio Yuna, Republica Dominicana, 1977-2007, ONFED, PNUD, Univ. De Valladolid, 25 p.

NELSON C. E., JIMENEZ J., RODRIGUEZ J. J. (2001) – Domos volcanicos y mineralizacion de oro en el distrito Pueblo Viejo, Republica Dominicana. Revista Geologica de America Central, 25, p. 7-26.

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

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

PARRISH R. R., RODDICK J. C., LOVERIDGE W. D., SULLIVAN R. W. (1987): Uranium-lead analytical techniques at the Geochronology Laboratory, Geological Survey of Canada;

---

Radiogenic age and isotopic studies; Report 1. Paper - Geological Survey of Canada, 87-2, p. 3-7.

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

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

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

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

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

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

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

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

PEREZ VALERA F. y ABAD DE LOS SANTOS M. (2010): Informe estratigráfico y sedimentológico. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

---

PEREZ-ESTAUN A., HERNAIZ HUERTA P.P., LOPERA E., JOUBERT M. y grupo SISMYN (2007): Geología de la República Dominicana: de la construcción de arco-isla a la colisión arco-continente. Boletín Geológico y Minero, Vol. 118, n°2, p. 157-174.

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

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

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

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

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

PONS J.M., GARCIA-SENZ J. and BERNARDEZ E. (2005): A Maastrichtian rudist bivalves association found in the Oriental Cordillera (Dominican Republic). 17th Caribbean Geological Conference, Puerto Rico, 2005. Poster contribution.

PONS J.M., GARCIA-SENZ J. and BERNARDEZ E. (2005): Maastrichtian Antillocaprinidae, Radiolitidae and Hippuritidae found in the Oriental Cordillera (Dominican Republic). Seventh International Congress on Rudists, Austin, Texas, 2005. Poster Contribution.

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

---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

---

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

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

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

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

SERRA-KIEL J., FERRANDEZ-CANADELL C., GARCIA-SENZ J. and HERNALIZ HUERTA P.P. (2007): Cainozoic larger foraminifers from Dominican Republic. Boletín Geológico y Minero, Vol. 118, nº2, p. 359-384.

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

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

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

---

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

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

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

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

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

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

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

SUAREZ A. (2010): Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico a 1:100 000 de Samaná (6373). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n°9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

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

---

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

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

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

TUTTLE M.P., PRENTICE C.S., DYER-WILLIAMS K., PENA L.R. and BURR G. (2003): Late Holocene liquefaction features in the Dominican Republic: a powerful tool for earthquake hazard assessment in the Northeastern Caribbean. *Bulletin of the Seismological Society of America*; Feb 2003; v.93; n°1; pp.27-46.

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

URIEN P. (2010): Mapa geológico a 1:50 000 de San Francisco de Macoris (6173-IV). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN II n° 9 ACP DO 006 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto 1B. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

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

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

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

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

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

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