



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL  
REPÚBLICA DOMINICANA

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

**RESTAURACIÓN  
(5873-I)**

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

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

#### CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

- Dr. Gilbert Stein (BRGM)

#### COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Dr. Gilbert Stein (BRGM)

#### SEDIMENTOLOGÍA Y LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS

- Ing. Lluís Ardévol Oro (GEOPREP)

#### MICROPALAEONTOLOGÍA

- Dra. Chantal Bourdillon (ERADATA, foraminíferos)
- Dra. Monique Bonnemaïson (Geóloga Consultora nanofosiles)

#### PETROGRAFÍA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

- Dra. Chantal Bourdillon (ERADATA)

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

- Dr. Javier Escuder Viruete (Universidad Complutense de Madrid)
- Dra. Elisabeth Le Goff (BRGM)

#### GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

- Dr. Gilbert Stein (BRGM)

#### GEOMORFOLOGÍA

- Ing. Joan Escuer (GEOCONSULTORES TECNICOS Y AMBIENTALES)

## GEOLOGÍA ECONÓMICA

- Ing. Eusebio Lopera (ITGE)

## TELEDETECCIÓN

- Dra. Carmen Antón Pacheco (IGME)

## INTERPRETACIÓN DE LA GEOFÍSICA AEROPORTADA

- Ing. Jose Luis García Lobón (IGME)

## DATAACIONES ABSOLUTAS

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

## ASESORES GENERALES DEL PROYECTO

- Dr. Grenville Draper (Universidad Internacional de Florida, USA)
- Dr. John Lewis (Universidad George Washington, USA)
- Ing. Iván Tavares

## DIRECTOR DEL PROYECTO

- Dr. Marc Joubert (BRGM)

## SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE LA UNIÓN EUROPEA

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

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

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

## SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE EL SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

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

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

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

- Muestras y sus correspondientes preparaciones
- Fichas petrográficas y/o micropaleontológicas de cada una de las muestras
- Mapas de muestras
- Lugares de Interés Geológico
- Informe Sedimentológico del Proyecto K
- Informe de Petrología y Geoquímica de las Rocas Ígneas y Metamórficas del Proyecto K
- Informe de la Estructura y el Metamorfismo de las Rocas Ígneas y Metamórficas del Proyecto K
- Informe de Interpretación de la Geofísica Aerotransportada del Proyecto L (Zonas Este y Suroeste)
- Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método U/Pb en los proyectos K y L
- Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método Ar/Ar en los proyectos K y L
- Informe/Catálogo de macroforaminíferos seleccionados de muestras recogidas en los Proyectos K y L
- Las fotos están incluidas en la presente memoria

## RESUMEN

La Hoja de Restauración está ubicada en el sector noroeste de la República Dominicana a la frontera con Haití, en la parte norte-occidental de la Cordillera Central a unos 210 Km en línea recta de la capital Santo Domingo.

Esta Hoja abarca los dominios de la Cordillera Central y de Trois Rivières-Peralta.

- El dominio de la Cordillera Central ocupa la parte septentrional de la Hoja y está representado en la Hoja de Restauración por la Fm Tireo, un conjunto volcánico-plutónico, constituido por (1) rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición intermedia a ácida con intercalaciones de rocas sedimentarias, (2) rocas epiclásticas y (3) intrusiones plutónicas de baja profundidad.

La edad Cretácico Superior de la Fm Tireo es bastante bien establecida tanto por microfauna en las intercalaciones sedimentarias que por datación radiométrica de las rocas volcánicas. Las observaciones de campo, la petrografía y la geoquímica muestran que la Fm Tireo es un conjunto de arco de isla.

- El dominio de Trois Rivières-Peralta ocupa la parte meridional de la Hoja y está separado del dominio de la Cordillera Central por la falla San José-Restauración, con movimiento de desgarre sinistral. La Fm Trois Rivières-Peralta está compuesta por los sedimentos Cretácico Superior a Eoceno de la cuenca de Trois Rivières-Peralta, un conjunto sedimentológico marino que cubre en discordancia, por lo menos localmente, el conjunto de arco de isla.
- Los relieves altos de la parte sureste de la Hoja están compuestos por litologías más recientes como las coladas de basaltos ricos en  $\text{TiO}_2$  de la loma de los Guandules o las calizas Eoceno-Mioceno (?) de la meseta de la Nalga de Maco.

El estilo tectónico de la Hoja se caracteriza por una deformación frágil subrayada por (1) pliegues con ejes generalmente subhorizontales y vergencia globalmente sur y sobre todo, por (2) fallas regionales y locales típicas de un sistema transpresivo sinistral.

Varias zonas de alteraciones hidrotermales e indicios mineralizados encontrados en la Fm Tireo confirman el fuerte potencial metalífero de la Hoja de Restauración, especialmente para el oro.

## ABSTRACT

The Restauración map area is located some 210 km (as the crow flies) from the capital Santo Domingo in the northwestern corner of the Dominican Republic at the border with Haiti.

The present map area encompasses both the Central Cordillera domain and the Trois Rivières-Peralta domain.

- The Central Cordillera domain occupies the southern part of the map area and is here exclusively represented by the volcano-plutonic rocks of the Tireo Formation including: (1) volcanic and volcanoclastic rocks of intermediate to acid composition, (2) epiclastic rocks, and (3) associated shallow-level intrusive rocks. The Late Cretaceous age of the Tireo Formation is well documented by both microfaunal ages from the intercalated sediments and radiogenic ages from the volcanic rocks. Field observations, together with the petrological and geochemical data, clearly reveal an island-arc origin for the Tireo Formation.
- The Trois Rivières-Peralta domain occupies the southern part of the present map area. The sinistral San José-Restauración wrench fault marks the boundary between the Tireo and Trois Rivières-Peralta domains. The Trois Rivières-Peralta Formation consists of Late Cretaceous to Eocene marine sediments lying, at least locally, unconformably over the arc formation
- The high relief of the southeastern part of the map area is more recent and composed of lithologies such as TiO<sub>2</sub>-rich basalt flows of the Loma de los Guandules or the Eocene-Miocene(?) limestones of the Loma Nalga de Maco.

The tectonic style of the area is characterized by brittle deformation with folds bearing mainly subhorizontal axes and, overall, numerous regional and local faults typical of a transpressional system.

The numerous localities showing signs of intense hydrothermal alteration, together with the mineral occurrences in the Tireo formation, underline the high metallic potential of the Restauración map area, especially for gold.

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1. Metodología</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2. Situación geográfica</b> .....	<b>15</b>
<b>1.3. Marco Geológico</b> .....	<b>17</b>
<b>1.4. Antecedentes</b> .....	<b>22</b>
<b>2. ESTRATIGRAFIA</b> .....	<b>25</b>
<b>2.1. Cretácico Superior</b> .....	<b>25</b>
<b>2.1.1. Formación Tireo</b> .....	<b>25</b>
2.1.1.1. Rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición ácida.....	31
2.1.1.1.1. Formación Tireo (10) Pórfidos micrograníticos. Cretácico Superior (K <sub>2</sub> )....	31
2.1.1.1.2. Formación Tireo (09) Riolitas a riolacitas con anfíbol. Cretácico Superior (K <sub>2</sub> ).....	35
2.1.1.1.3. Formación Tireo (08) Brechas volcánicas ácidas (de composición dominante dacítica). Cretácico Superior (K <sub>2</sub> ).....	36
2.1.1.1.4. Formación Tireo (07) Rocas volcánicas, volcanoclásticas y/o epiclásticas, de composición dominante ácida (tobas y brechas dacíticas, dacitas, riolacitas). Cretácico Superior (K <sub>2</sub> ).....	38
2.1.1.2. Rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición intermedia.....	39
2.1.1.2.1. Formación Tireo (12) Andesitas aféricas. Cretácico Superior (K <sub>2</sub> ).....	39
2.1.1.2.2. Formación Tireo (13) Tobas de lapilli de acreción. Cretácico Superior (K <sub>2</sub> ).....	40
2.1.1.2.3. Formación Tireo (14) Tobas cristalinas grises de composición intermedia. Cretácico Superior (K <sub>2</sub> ).....	41
2.1.1.2.4. Formación Tireo (11) Tobas andesíticas verdes líticas y vítreas, con andesitas. Cretácico Superior (K <sub>2</sub> ).....	41
2.1.1.3. Intercalaciones de sedimentos en la Fm Tireo.....	43

2.1.1.3.1. Formación Tireo (15) Sedimentos (pizarras con predominio de lutitas, calizas y margas). Campaniano Medio al Maastrichtiano Inferior (K <sub>2</sub> ) .....	44
2.1.1.3.2. Formación Tireo (16) Calizas grises y calcarenitas. Campaniano Medio (K <sub>2</sub> ).....	44
2.1.1.4. Rocas epiclásticas predominantes, con niveles de rocas volcánicas y/o volcanoclásticas y cherts .....	47
2.1.1.4.1. Formación Tireo (18) Rocas epiclásticas, con niveles de rocas volcánicas y/o volcanoclásticas (composición intermedia a básica) y con niveles ácidos y chert - (17) Conglomerados polimícticos. Cretácico Superior (K <sub>2</sub> ) .....	47
2.1.1.4.2. Formación Tireo (19) Cherts. Cretácico Superior (K <sub>2</sub> ) .....	49
<b>2.2. Cretácico Superior-Paleógeno. ....</b>	<b>51</b>
<b>2.2.1. Formación Trois Rivières .....</b>	<b>51</b>
2.2.1.1. Unidad Bois de Laurence (23) Calizas micríticas violetas e interestratificaciones de grauwacas y cherts. Cretácico Superior (K <sub>2</sub> ).....	52
2.2.1.2. Unidad Aguamite (20) Lutitas con tramos finos, milimétricos a centimétricos, de areniscas y pequeños niveles de carbonatos. Campaniano – Maastrichtiano (K <sub>2</sub> ) .....	55
2.2.1.3. Unidad Aguamite (21) Areniscas y calcarenitas dominantes, interestratificadas con lutitas y margas. Campaniano-Maastrichtiano (K <sub>2</sub> ) .....	56
2.2.1.3.1. Unidad Aguamite (22) Margas, lutitas y areniscas en proporciones equivalentes. Cretácico Superior (K <sub>2</sub> ).....	58
<b>2.3. Basaltos Guandules-Pelona-Pico Duarte (06). ....</b>	<b>58</b>
<b>2.4. Eoceno - Mioceno (?) .....</b>	<b>60</b>
<b>2.4.1. Calizas de Nalga de Maco (24). Eoceno-Mioceno (P<sub>2</sub> - N<sub>1</sub> ?).....</b>	<b>60</b>
<b>2.5. Mioceno Medio – Cuaternario.....</b>	<b>61</b>
<b>2.5.1. Alteración laterítica - arcillas rojas a rojizas. Mioceno Medio – Cuaternario..</b>	<b>61</b>
<b>2.6. Cuaternario .....</b>	<b>63</b>
<b>2.6.1. Depósitos de terrazas (medias y altas) (27). Cuaternario (Q) .....</b>	<b>64</b>



2.6.2. Depósitos aluviales de fondo de valle (26). Cuaternario (Q).....	64
2.6.3. Coluviones, conos de derrubios (25). Cuaternario (Q).....	65
<b>3. PETROLOGIA, METAMORFISMO, GEOQUIMICA y DATACIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>3.1. Petrología y dataciones de las rocas intrusivas y filonianas.....</b>	<b>65</b>
3.1.1. Introducción .....	65
3.1.2. Síntesis de las dataciones radiogénicas existentes.....	66
3.1.2.1. LOS INTRUSIVOS MÁFICOS (GABRO, ANFIBOLITA, HORNBLENDITA) .....	67
3.1.2.2. INTRUSIVOS TONALÍTICOS .....	71
3.1.2.3. APLITAS CON DOS MICAS .....	73
3.1.2.4. SINTESIS.....	73
3.1.3. Tonalita con anfíboles (03).....	74
3.1.4. Microdioritas - Microgabros (02).....	75
3.1.5. Diques máficos (04).....	76
3.1.6. Diques félsicos (05) .....	76
3.1.7. Rocas ultramáficas (serpentinizadas) (01).....	76
<b>3.2. GEOQUÍMICA.....</b>	<b>77</b>
3.2.1. Técnicas Analíticas y método de trabajo .....	78
3.2.2. Formación Tiroo.....	80
3.2.2.1. Toleitas de arco isla “normales” .....	82
3.2.2.2. Toleitas de arco isla pobres en Ti.....	83
3.2.2.3. Rocas de afinidad boninítica.....	83
3.2.2.4. Andesitas, dacitas y riolitas calcoalcalinas.....	83
3.2.3. Batolito Loma de Cabrera .....	91
3.2.4. Basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte .....	103
<b>3.3. Nuevas dataciones geocronológicas U-Pb y Ar-Ar del Proyecto K.....</b>	<b>110</b>
3.3.1. Muestreo.....	110

<b>3.3.2. Descripción de las técnicas analíticas .....</b>	<b>110</b>
3.3.2.1. Técnica analítica U-Pb.....	110
3.3.2.2. Técnica analítica Ar-Ar .....	111
<b>3.3.3. Resultados y discusión .....</b>	<b>112</b>
3.3.3.1. Formación Amina-Maimón.....	113
3.3.3.2. Complejo Duarte.....	113
3.3.3.3. Batolito de Loma Cabrera.....	114
3.3.3.3.1. Gabros .....	114
3.3.3.3.2. Intrusivos tonalíticos – cuarzodiorita .....	114
3.3.3.3.3. Intrusión tonalítica en la Fm Magua .....	115
3.3.3.3.4. Tonalita foliada de Diferencia.....	115
3.3.3.3.5. Tonalita foliada de la Loma del Tambor .....	116
3.3.3.3.6. Batolito de Macutico.....	116
3.3.3.4. Formación Tireo .....	117
3.3.3.5. Basalto Guandules-Pelona-Pico Duarte .....	118
<b>4. TECTONICA.....</b>	<b>121</b>
<b>4.1. Contexto geodinámico de la isla La Española .....</b>	<b>121</b>
<b>4.2. Marco geológico-estructural de la zona de estudio.....</b>	<b>123</b>
<b>4.3. Estructura de la Hoja.....</b>	<b>126</b>
<b>4.3.1. Estructura de la Fm Tireo (Dominio de la Cordillera Central).....</b>	<b>127</b>
4.3.1.1. Los principales accidentes regionales .....	129
4.3.1.1.1. Falla de Bonao-Guácara .....	129
4.3.1.1.2. Falla Macutico – Burende .....	129
4.3.1.1.3. Falla San José – Restauración .....	130
4.3.1.2. Las fracturas secundarias.....	131
4.3.1.3. Los pliegues .....	131
<b>4.3.2. Estructura de la Fm Trois Rivières (Dominio de la Cordillera Central y             Dominio Trois-Rivières-Peralta) .....</b>	<b>131</b>

4.3.2.1. Los pliegues .....	132
4.3.2.2. Los principales accidentes regionales .....	134
4.3.2.3. Les fracturas secundarias.....	134
<b>4.3.3. Relación estructural Fm Tireo/Fm Trois Rivières .....</b>	<b>134</b>
<b>4.3.4. Calizas de Nalga de Maco .....</b>	<b>135</b>
<b>4.3.5. Síntesis estructural de la Hoja de Restauración.....</b>	<b>135</b>
<b>5. GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>138</b>
<b>5.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA .....</b>	<b>138</b>
<b>5.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.....</b>	<b>138</b>
<b>5.2.1. Estudio morfoestructural .....</b>	<b>138</b>
5.2.1.1. Formas estructurales.....	138
<b>5.2.2. Estudio del modelado.....</b>	<b>139</b>
5.2.2.1. Formas gravitacionales.....	139
5.2.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial .....	140
5.2.2.3. Formas poligénicas .....	140
<b>5.3. FORMACIONES SUPERFICIALES .....</b>	<b>141</b>
<b>5.3.1. Formaciones fluviales y de escorrentía superficial.....</b>	<b>141</b>
5.3.1.1. Gravas, arenas y limos. Terrazas inferiores (i). medias (h) y superiores (g). Holoceno. ....	141
5.3.1.2. Gravas, arenas y limos. Fondos de valle (j). Holoceno. ....	141
5.3.1.3. Gravas, arenas y limos. Conos de deyección y abanicos aluviales (k). Holoceno .....	142
<b>6. HISTORIA GEOLÓGICA.....</b>	<b>143</b>
<b>6.1. El arco insular del Cretácico Superior .....</b>	<b>143</b>
<b>6.2. La Cuenca Trois Rivières-Peralta de retro arco .....</b>	<b>145</b>

---

<b>7. GEOLOGÍA ECONÓMICA .....</b>	<b>146</b>
<b>7.1. Hidrogeología .....</b>	<b>146</b>
<b>7.1.1. Hidrología y climatología. ....</b>	<b>146</b>
<b>7.1.2. Descripción hidrogeológica .....</b>	<b>146</b>
7.1.2.1. Formación Tireo y tonalitas .....	147
7.1.2.2. Formación Trois Rivières .....	148
7.1.2.3. Basaltos (¿Cretácico Superior-Eoceno?).....	148
7.1.2.4. Calizas Nalga de Maco.....	148
7.1.2.5. Depósitos sedimentarios cuaternarios .....	149
<b>7.2. Recursos minerales .....</b>	<b>149</b>
<b>7.2.1. Aspectos generales .....</b>	<b>149</b>
<b>7.2.2. Indicios y prospectos metálicos.....</b>	<b>150</b>
<b>7.2.3. Indicios no metálicos.....</b>	<b>152</b>
<b>8. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO .....</b>	<b>152</b>
<b>8.1. Relación de los L.I.G. ....</b>	<b>153</b>
<b>8.2. Descripción de los L.I.G.....</b>	<b>154</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>159</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Para invertir la evolución desfavorable del sector geológico minero y dotar de una infraestructura cartográfica y temática a la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través de el Servicio Geológico Nacional (SGN), ha establecido la política de completar el levantamiento geológico y minero del país.

A tal fin, el consorcio integrado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) e Informes y Proyectos S.A. (INYPESA) ha realizado, bajo el control de la Unión Técnica de Gestión (UTG) y la supervisión de la Dirección General de la Minería (SGN), este Proyecto "K", Zona Noroeste, de Cartografía Geotemática de la República Dominicana incluido en el Programa SYSMIN, referenciado 7 ACP DO 024 y financiado por la Unión Europea.

Dicho Proyecto, realizado entre Julio 2002 y Octubre 2004, incluye la elaboración de las 14 Hojas Geológicas a escala 1:50.000 y los 5 mapas Geomorfológicos, Procesos Activos y Recursos Minerales a escala 1:100.000 que componen los siguientes cuadrantes (Fig. 1):

Restauración (5873)	Restauración	5873-I
	Bánica	5873-II
Dajabón (5874)	Dajabón	5874-I
	Loma de Cabrera	5874-II
Monte Cristi (5875)	Monte Cristi	5875-I
	Pepillo Salcedo	5875-II
Diferencia (5973)	Diferencia	5973-I
	Lamedero	5973-II
	Arroyo Limón	5973-III
	Jicomé	5973-IV
Mao (5974)	Mao	5974-I
	Monción	5974-II
	Santiago Rodríguez	5974-III
	Martín García	5974-IV

### 1.1. Metodología

Debido al carácter incompleto y no sistemático del mapeo de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través de el Servicio Geológico Nacional

(SGN), decidió abordar, a partir de finales de la década pasada, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea, en concepto de donación. En este contexto, el consorcio integrado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) e Informes y Proyectos S.A. (INYPESA), ha sido el responsable de la ejecución, bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG, cuya asistencia técnica corresponde a AURENSE) y la supervisión de el Servicio Geológico Nacional (SGN), del Proyecto K, cuyo desarrollo se ha producido simultáneamente al del Proyecto L, adjudicado al mismo consorcio.

Durante la confección de la Hoja a escala 1:50.000 de Restauración se ha utilizado la información disponible, de procedencia muy diversa, principalmente tesis y publicaciones monográficas, pero también trabajos de investigación o de exploración minera. La cartografía se ha realizado, principalmente, con el apoyo de las fotografías aéreas a escala 1:40.000 del Proyecto MARENA (1983-84) o, donde no existía cobertura de éstas, con las de escala 1:60.000 (1964), cedidas por la SGN. Los estudios fotogeológicos se han completado con la interpretación de las imágenes de satélite Spot P, Landsat TM y SAR. Para la identificación y seguimiento de estructuras profundas o subaflorantes ha sido de gran utilidad el Mapa Aeromagnético de la República Dominicana (CGG (Compagnie Generale de Geophysique), 1999).

Todos los puntos de observación y recorridos fueron grabados diariamente vía un GPS, descargados y documentados en una base de datos, ploteados en un sistema de información geográfica (SIG) y confrontados a las informaciones preestablecidas (topografía, imágenes satélites, datos geofísicos, etc.) ya incorporadas en el SIG. Todas las coordenadas citadas en el texto están en Latitud-Longitud con el datum WGS84.

Los recorridos de campo se complementaron mediante fichas de control en las que se registraron los puntos de toma de muestras (petrológicas, paleontológicas y sedimentológicas), datos de tipo estructural y fotografías. De forma coordinada con la elaboración de la Hoja, se diseñó la cartografía Geomorfológica y de Procesos Activos Susceptibles de Constituir Riesgos Geológicos del cuadrante correspondiente, a escala 1:100.000 (Escuer, 2004).

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

## 1.2. Situación geográfica

La Hoja a escala de 1:50.000 de Restauración (5873-I) está ubicada en el sector noroeste de la República Dominicana, en la parte norte-occidental de la Cordillera Central (Fig. 1), a unos 210 Km en línea recta de la capital Santo Domingo y unos 320 Km por carretera. La vía de acceso la más cómoda en vehículo, es de Santo Domingo a Santiago (150 Km) por la autopista Duarte (2h) y de Santiago a Restauración (170 Km) por carreteras secundarias (3h).

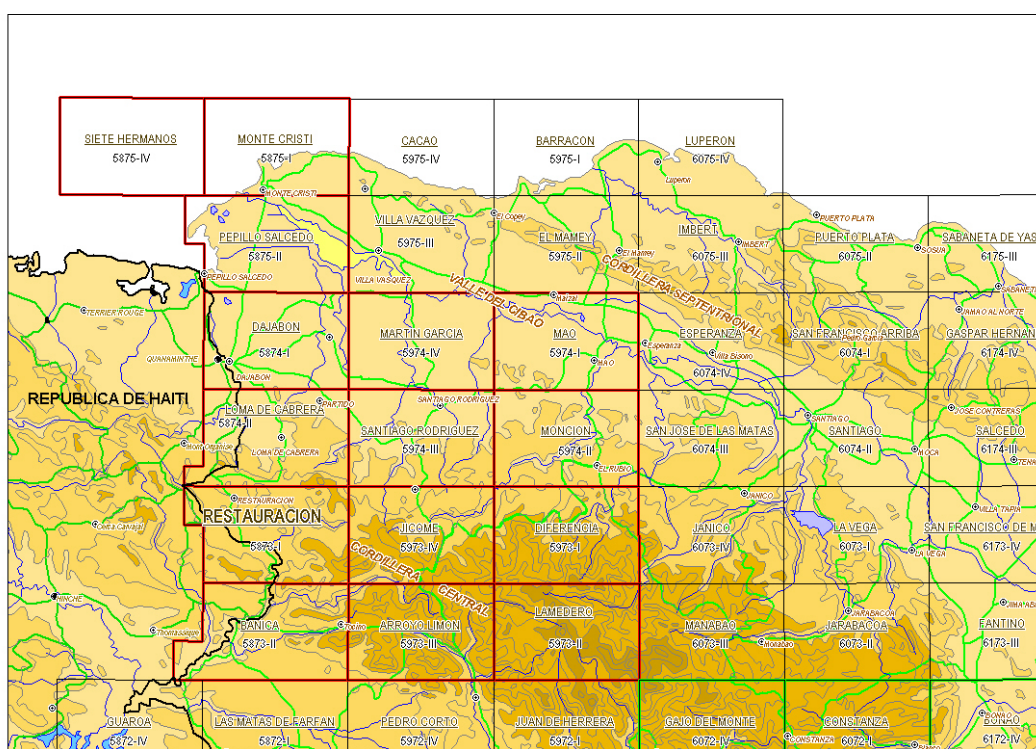


Fig. 1 - Ubicación de la Hoja Restauración (5873-I) en el marco del proyecto K

El borde oeste de la Hoja es fronterizo con la República de Haití; la frontera corresponde al río Libón hasta Villa Anacaona y, más al sur, a la "Carretera Internacional" Villa Anacaona-Bánica. La parte noroeste de la Hoja, incluyendo la ciudad de Restauración, pertenece a la Provincia de Dajabón; la parte sureste, separada por el río Artibonito, pertenece a la Provincia de La Estrella (Elías Piña) y el ángulo noreste a la de Santiago Rodríguez.

La población, poco densa en esta zona montañosa, se concentra principalmente alrededor de la pequeña ciudad de Restauración y a lo largo de las principales vías de comunicación:

- la carretera de Río Limpio, con los pueblos o aldeas de Los Cerezos, Los Indios y Las Rosas,
- la carretera internacional Restauración-Bánica, con los Puestos Militares de Villa Anacaona y Los Algodones,

- la carretera Los Algodones-La Peña (en la Hoja adyacente de Arroya Limón) con varias aldeas, tal como Guayajayuco, Rosó o El Rincón (Manaclar).

En este momento, muchas casas, incluso aldeas enteras, están abandonadas, testigo de una "desertificación" rural. Además de Restauración, los pueblos con más movimiento, tal como Río Limpio o Guayajayuco, son los que acogen o desarrollan la industria agrícola y/o los viveros de los proyectos de reforestación.

El censo de 1993, estimó la población del municipio de Restauración en 6000 habitantes: 2000 viven en la zona urbana, lo que representa el 33% y 4000 viven en el área rural (67%). La actividad económica de Restauración se basa principalmente en la agropecuaria, destacándose la caficultura, ganadería y productos menores de subsistencia.

El comercio de productos básicos (arroz, frutas, ganado caprino y porcino, etc.) está bien desarrollado entre los dos pueblos fronterizos : Restauración (Rep. Dominicana) y Tirolí (Rep. de Haití). Un flujo importante de trabajadores haitianos alimenta en mano de obra la agricultura local o migra a otras regiones del País.

La red fluvial está integrada por una gran cantidad de ríos, arroyos y cañadas, generalmente de carácter muy caudaloso. De manera general, el sistema hidrográfico está definido por la red compuesta por el río Artibonito y su afluente principal, el río Libón (fronterizo con Haití) con su propio afluente, el río Neyta.

Geomorfológicamente, la Hoja de Restauración, pertenece, según Blesh, 1966, a la Cordillera Central, subregión Restauración. Se trata de una meseta elevada, con altitudes máximas de: 1,467 m (loma Nalga de Maco), 862 m (cerro Mongreñé), 832 m (cerro de los Jiménez), 622 m (cerro de los Candelones), 810 m (cerro del Montazo), 1009 m (cerro del Guano), 1003 m (cerro del Naranja).

Por lo general, el relieve se corresponde con las estructuras y la naturaleza de las formaciones geológicas regionales (rocas volcánicas ácidas y máficas, calizas) con direcciones NO-SE.

En la Cordillera Central, las condiciones climáticas son muy variables, en relación con la altitud, las precipitaciones y los vientos; el macizo montañoso constituye una barrera que afecta la circulación de los vientos dando lugar a diferentes microclimas.

Para la descripción del clima de la región se tomará en cuenta la estación climatológica de Restauración.

Esta ciudad, con una altitud de 594 m, registra una temperatura promedio mensual de 24.7°C; máximo de 32.8 °C y mínimo de 16.5 °C. La precipitación promedio anual es de



1,769 mm con un máximo superior a 2,000 mm. Se nota un ritmo diario de lluvias fuertes (aguaceros) entre 1 y 3 h de la tarde. Las precipitaciones están influenciadas por los vientos alisios del Noreste que chocan con el sistema montañoso, al origen de una gran nubosidad. Se registra un largo período de lluvia entre abril y diciembre, con una pequeña interrupción en julio. El periodo más seco es enero-marzo.

Entre Río Limpio (800 m) y el pico Nalga de Maco (1,990 m), las variaciones climáticas son importantes, con una gran amplitud de temperaturas diurnas; solo en Río Limpio, en agosto, la temperatura puede pasar de un mínimo de 19 °C en la madrugada a 29 °C al medio día.

La vegetación se caracteriza por flores variadas de tipo tropical: pinos caribeas y occidentalis, palmeras, candelones, almácigos, caobas, ceibas, aguacates, mangos, etc.

Una intensa repoblación con coníferas, llevada a cabo por la Dirección General Forestal desde más de veinte años, destaca el paisaje de Restauración que contrasta con el de Haití; recientemente la deforestación ha ganado también una franja hectométrica a kilométrica del lado Dominicano de la frontera.

Los suelos, generados por meteorización, son de tipo laterítico, pero las fuertes pendientes permiten una erosión intensa que ha eliminado, *pro parte*, sus partes superficiales; por lo general, debajo de la delgada capa de suelo orgánico, sólo subsiste la parte inferior de las saprolitas.

### **1.3. Marco Geológico**

El Proyecto K de Cartografía Geotemática en la Republica Dominicana se caracteriza por la gran diversidad de materiales y medios sedimentarios representados (**Fig. 2**) : desde conglomerados continentales a abanicos turbidíticos, desde coladas de lavas y brechas vulcanosedimentarias a calizas micríticas, desde plataformas siliciclásticas a calizas pelágicas etc. A todo esto hay que añadir, además, la presencia de numerosos cuerpos intrusivos representados por los batolitos de Loma Cabrera, El Bao y Macutico, a su vez con importantes cortejos filonianos.

En términos generales la geología de la isla de La Española está controlada por tres factores principales:

**-En primer lugar** por el carácter oceánico de la isla, al menos durante el mesozoico, asentada desde el Jurásico hasta el Paleoceno sobre una zona muy activa de la corteza oceánica, sometida a procesos de subducción, lo que provoca por un lado la presencia de un vulcanismo de arco de isla, con diversos episodios eruptivos y la consiguiente presencia

de materiales vulcanosedimentarios, y por otro la abundancia de rocas ígneas intrusivas en las series volcánicas y vulcanosedimentarias. La propia naturaleza de las rocas extrusivas, unida a la escasa anchura de las plataformas da lugar a frecuentes y rápidos cambios de facies.

**-En segundo lugar** la posición de la isla en un área de clima tropical es responsable de la alta productividad biológica de las aguas circundantes, posibilitando en las plataformas someras la formación de calizas arrecifales y la acumulación en las aguas más profundas de potentes serie de calizas pelágicas o hemipelágicas. Este mismo factor climático es igualmente responsable de las altas tasas de meteorización que van a favorecer la acumulación de grandes depósitos de materiales detríticos.

**-En tercer lugar** la intensa actividad tectónica, principalmente de desgarre transpresivo, que ha afectado a isla desde su formación, y de forma más evidente desde el Paleoceno, va a dar lugar por una parte a una elevada tasa de desnudación y por otra a la formación de cuencas profundas y compartimentadas, donde podrán acumularse potentes series sedimentarias. Esta intensa actividad tectónica dará lugar asimismo a la presencia de frecuentes depósitos sintectónicos y a la yuxtaposición en el espacio de materiales originalmente depositados a distancias considerables.

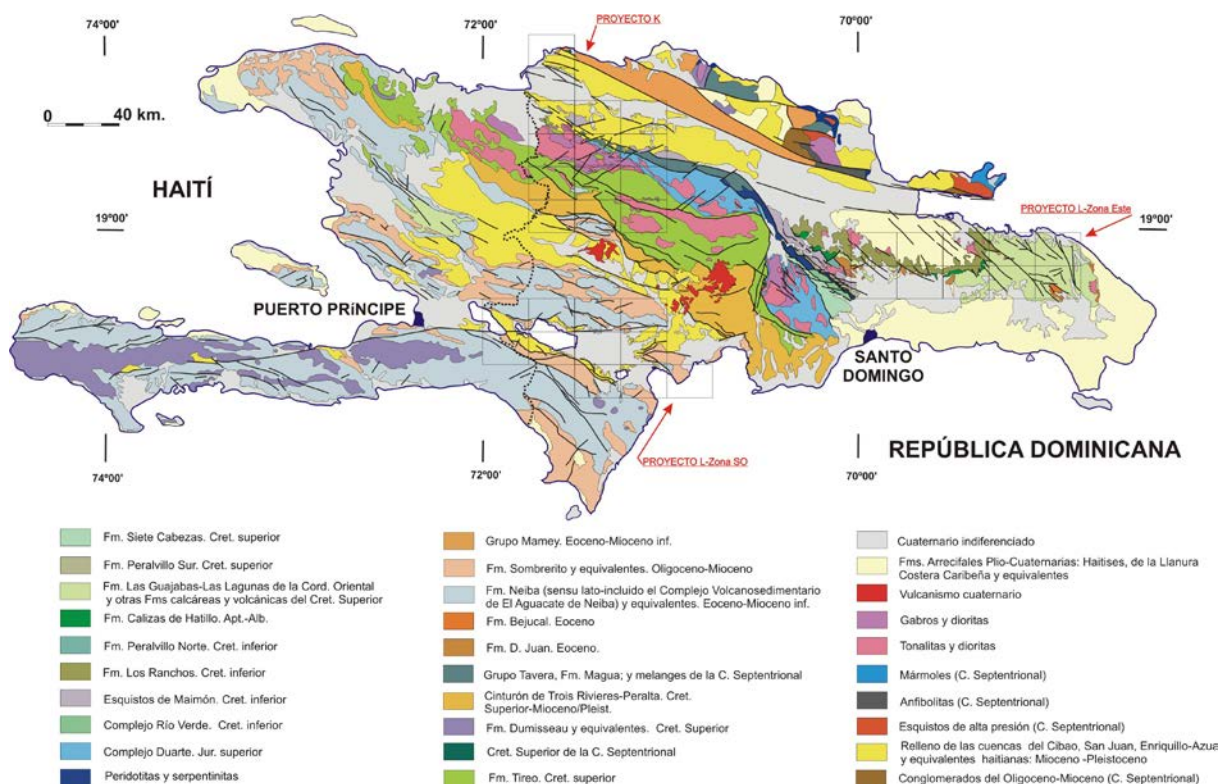


Fig. 2 - Esquema geológico de La Española con la ubicación del Proyecto K de cartografía (Actualizado con las cartografías de los Proyectos C, L y K del Programa SYSMIN)

La repartición espacial de este heterogéneo conjunto de materiales es igualmente heterogénea, pudiendo diferenciarse dentro del área abarcada por el proyecto una serie de dominios tectosedimentarios con características diferenciadas (Fig. 3, Fig. 4 y Fig. 31). La naturaleza de estos dominios es desigual, ya que mientras unos representan terrenos alóctonos emplazados a favor de grandes fallas de desgarre, otros corresponden a diferenciaciones menores dentro de un mismo terreno y otros corresponden a materiales de cobertera posteriores a las principales fases de deformación.

De norte a sur los dominios tectosedimentarios representados dentro del área del Proyecto K son los siguientes:

**-El Dominio de la Cordillera Septentrional**, limitado al norte por el océano atlántico y al sur por la Falla Septentrional. Los materiales representados dentro del área de estudio pertenecerían en principio al denominado Bloque de Altamira (de Zoeten, 1988). En el área cartografiada, discordantemente sobre materiales marinos profundos del Cretácico Inferior, se encuentra una potente serie de carácter fundamentalmente turbidítico, con episodios de margas de cuenca y facies de talud, que abarca una edad Oligoceno Superior a Plioceno Inferior.

- **El Dominio del Valle del Cibao**, que abarca un conjunto de materiales de cobertera limitado al sur por su discordancia basal. Las facies y litologías representadas son bastante variadas yendo desde conglomerados aluviales a margas de cuenca con buena representación de facies de plataforma somera y construcciones arrecifales. La potencia máxima acumulada, con un rango de edades Oligoceno Superior a Plioceno Superior, podría superar los 4000 m en su sector central, en las proximidades de la Falla Septentrional que constituye el límite norte del dominio. En conjunto se trata de una cuenca con una historia compleja, que incluye en la parte alta del Plioceno la formación de subcuencas en las que se acumularon grandes espesores de sedimentos. A estos materiales hay que añadir los depósitos aluviales que rellenan en la actualidad el valle del Yaque.

**-El dominio de Amina-Maimón** aflora bajo la discordancia basal del dominio del Valle del Cibao y probablemente constituye, en gran parte al menos, su zócalo. El límite sur de este dominio coincide con el extremo norte de la Zona de Falla de La Española. Los materiales representados, pertenecientes al Complejo de Amina Maimón son depósitos vulcanosedimentarios, de edad Cretácico Inferior, que presentan una intensa deformación y no se encuentran nunca al sur de la Falla de La Española.

**-El dominio de Magua-Tavera** tiene su área de afloramiento limitada a la Zona de Falla de La Española, y esta ocupado por una serie compleja, al menos en parte sintectónica, y con

espesor de difícil evaluación que incluye materiales volcánicos y vulcanosedimentarios, brechas de talud, turbiditas, calizas de plataforma y conglomerados fluviales, todo ello con un rango de edades comprendido entre el Paleoceno y el Eoceno Superior.

**-El dominio de la Cordillera Central** se caracteriza por su gran complejidad y está limitado al sur por la Falla de San José-Restauración. Los materiales más antiguos que afloran en este dominio son depósitos volcánicos y vulcanosedimentarios, de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior, que presentan una deformación polifásica y son denominados Complejo Duarte. Sobre este “zócalo” se depositó una potente serie vulcanosedimentaria a la que siguen depósitos de talud y calizas pelágicas, todavía durante el Cretácico Superior, y finalmente calizas de plataforma de edad Eoceno. Todos estos materiales están afectados por deformaciones de carácter transpresivo de intensidad variable según zonas y, además, se encuentran afectados por numerosas intrusiones, principalmente de carácter ácido, y diversos grados y tipos de metamorfismo.

**- El dominio del Cinturón de Trois Rivières-Peralta** está limitado al sur por la Falla de San Juan-Los Pozos e incluye una potente serie con un rango de edades entre el Cenomaniano y el Mioceno Inferior. Los materiales y facies representados son muy diversos, con predominio de turbiditas y calizas pelágicas, pero incluyendo también materiales vulcanosedimentarios, calizas pelágicas y de plataforma, e importantes depósitos sintectónicos.

**-El dominio de la Cuenca de San Juan** ocupa la esquina suroeste del área del proyecto K. Los materiales representados, en parte sintectónicos, abarcan un rango de edades desde el Oligoceno Superior al Plio-Pleistoceno. Constituyen en conjunto una serie de relleno de cuenca pasándose de facies turbidíticas gradualmente hasta depósitos fluviales.

Además de estos materiales hay que señalar la presencia de una gran diversidad de materiales cuaternarios que en algunos casos llegan a ocupar la mayor parte de la superficie de la hoja cartografiada.

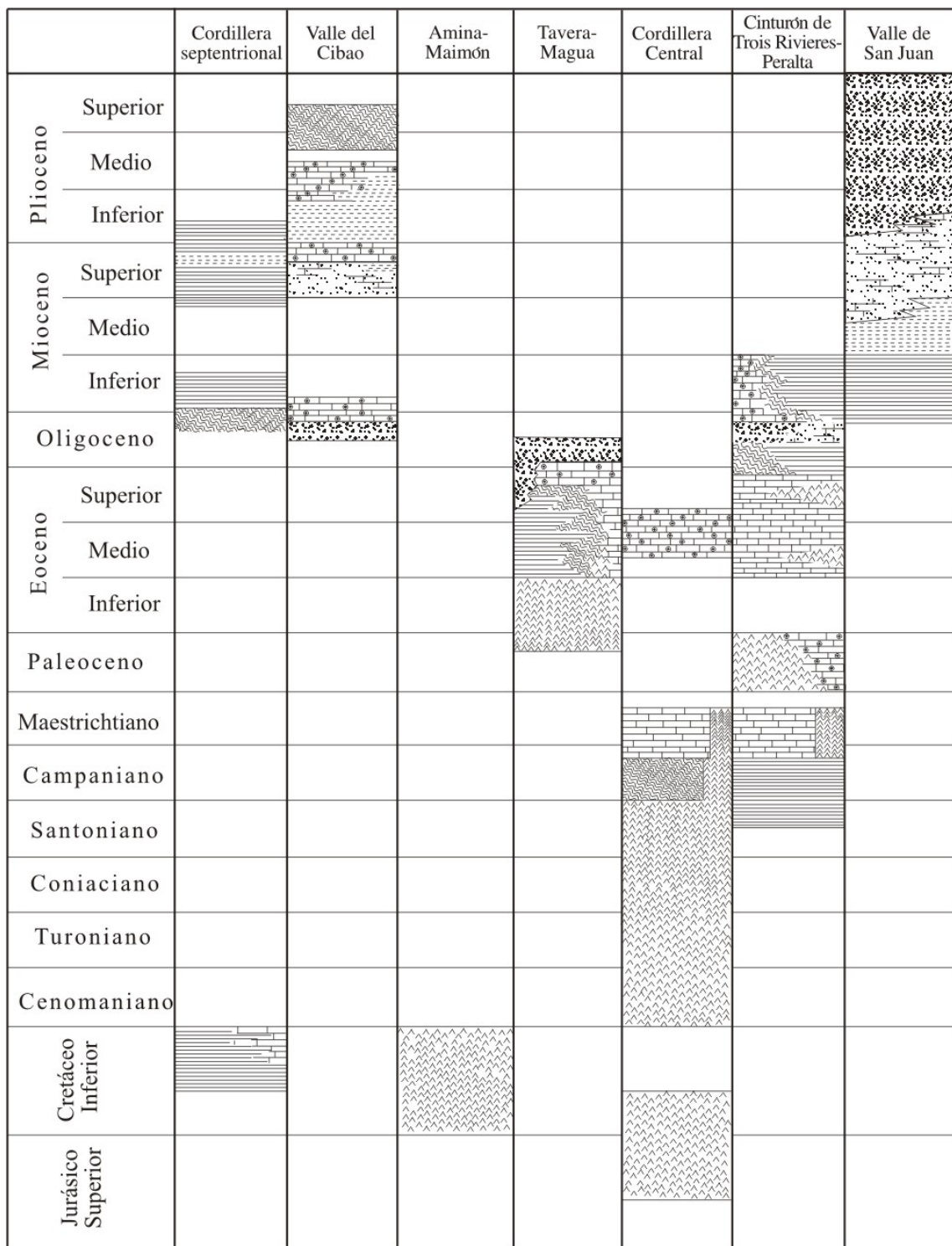


Fig. 3 - Cuadro estratigráfico sintético de los distintos dominios del Proyecto K.

**La Hoja de Restauración** se sitúa en el flanco septentrional de la Cordillera Central (Fig. 4 y Fig. 31). La Hoja abarca el dominio de la Cordillera Central y el dominio de Trois Rivières-Peralta. El dominio de la Cordillera Central ocupa la parte septentrional de la Hoja y está compuesto por rocas volcánicas, volcano-sedimentarias, sedimentarias y plutónicas, de edad Cretácico Superior, representadas por la Fm Tireo, un conjunto típico de arco de isla. El dominio de Trois Rivières-Peralta ocupa la parte meridional de la Hoja y está compuesto por los sedimentos Cretácico Superior a Eoceno de la cuenca de Trois Rivières-Peralta, un conjunto sedimentológico marino que cubre en discordancia el conjunto de arco de isla. Los relieves altos de la parte sur de la Hoja están compuestos por litologías más recientes como las coladas de basaltos formando los relieves altos de la loma de los Guandules o las calizas Eoceno-Mioceno que forman la meseta de la Nalga de Maco.

#### **1.4. Antecedentes**

**A la escala de la isla**, uno de los primeros trabajos sobre la geología de la isla es el de Cooke (1920): "Un Reconocimiento Geológico de la República Dominicana". Pero los primeros datos geológicos proceden de los materiales recolectados en el Valle del Cibao por el capitán de la marina británica T.S. Heneken y estudiados por Sowerby en 1850. El trabajo de Sowerby fue seguido por el de Gabb (1873) que atribuyó todos los fósiles y materiales marinos del Cibao a una única "Formación Miocena".

El primer trabajo importante sobre rocas ígneas y metamórficas de los dominios Cordillera Central, Ámina-Maimón y Magua-Tavera es la tesis de Bowin (1960) de la Universidad de Princeton, "Geología de la Parte Central de la República Dominicana", no publicada hasta 1966 con el subtítulo de "La historia de parte de un arco de isla". En ella define las formaciones Duarte, Maimón y Tireo dentro del Cinturón Intermedio (Median Belt), además de otras como Peralvillo y Siete Cabezas que no entran en este Proyecto. Posteriormente Palmer realiza su tesis en 1963, también de la Universidad de Princeton, Geología del Área de Monción-Jarabacoa, publicada en Nagle et al. (1979). Palmer define las formaciones de Ámina y Magua y correlaciona la Fm Ámina con la Fm Maimón, definida previamente por Bowin. Considera que la Fm Ámina estaría por debajo de la Fm Duarte, por las relaciones estructurales y el metamorfismo, aunque el contacto entre ambas formaciones es siempre por falla, a la que reconoce que puede suponer una traslación lateral muy importante y no ser válida la relación anterior. La Fm Magua estaría formada por una secuencia dominante de conglomerados con brechas basálticas, calizas, areniscas y un miembro local de lavas basálticas (Basaltos de Rodeo). En cuanto a la edad de esta formación se inclina por Paleoceno - Eoceno Superior.

La primera división estratigráfica de los materiales neógenos del Cibao se debe a los trabajos de Carlota Maury, quien en 1916, durante la invasión americana, condujo una expedición científica a la isla. Maury (1917) diferenció dos “formaciones” nombradas como *Aphera islacolonis* y *Sconsia laevigata*, rectificando en 1919 estos nombres como Fm Cercado y Fm Gurabo. Cooke (1920) introduce los términos de Conglomerado Bulla y Baitoa dentro de la Fm Cercado y Caliza de Mao Adentro y Arcilla de Valverde dentro de la Fm Gurabo. Vaughan et al (1921) modifican el nombre original de Arcilla de Valverde como Arcilla de Mao, denominación que será seguida por los autores subsiguientes. Bermúdez (1949) eleva a rango de Formación los conglomerados de Bulla y de Baitoa, y propone la Fm Mao que incluiría las Calizas de Mao Adentro, la Arcilla de Mao y un miembro superior no nombrado, compuesto por “una potente sección de limos arenas y conglomerados”. Palmer (1979) introduce el término de Caliza de Monción, considerándola parte del Grupo Tavera; como se verá más adelante, en realidad esta caliza se sitúa dentro de la Fm Bulla. Saunders *et al.* (1986) revisan la litoestratigrafía y bioestratigrafía del Neógeno del Cibao en base a numerosas muestras y columnas parciales tomadas fundamentalmente en los ríos Gurabo y Cana. Estos autores dividen la serie en cuatro formaciones que de más antigua a más moderna serían: Baitoa, Cercado, Gurabo y Mao. La Fm Baitoa, de edad Mioceno Inferior-Medio, no aflora en el área del Proyecto K, y la Fm Bulla no es discutida por estos autores, tal vez por considerarla equivalente de La Fm Baitoa siguiendo a Bermúdez (1949). Para las formaciones Gurabo y Cercado, cuyo estratotipo no había sido formalmente definido por Maury, estos autores proponen lectoestratotipos en el río Gurabo, pero como ha podido comprobarse en la cartografía realizada en el presente Proyecto, el contacto entre ambas formaciones en el punto propuesto como límite no es cartográficamente trazable, por lo que deberá ser redefinido.

Vokes (1989) realiza algunas precisiones sobre la litoestratigrafía señalando la no equivalencia de las formaciones Baitoa y Bulla, y planteando la equivalencia lateral entre las formaciones Cercado y Gurabo tal como habían sido redefinidas por Saunders et al (1986) y señalando la continuidad litológica y faunística por encima y por debajo del supuesto límite. Este autor señala también la identidad litológica entre la Arcilla de Mao y las facies profundas de la Formación Gurabo, rebajando además la edad propuesta por Saunders et al. para la localidad tipo de dicha arcilla y señalado su equivalencia en edad con las arcillas intercaladas con la base de la “Caliza de Mao Adentro” en su sección tipo.

Draper & Lewis (1991) en su mapa geológico de la República Dominicana Central introducen el termino de Miembro Ayahamas, sin definición formal en el texto y que según la leyenda del mapa sería la parte superior de la Fm Gurabo constituido por calizas limosas. El

topónimo Ayahamas es desconocido en la región mientras que la Loma de Ahuyamas está enteramente constituida por esta calizas, con lo que la denominación original parece derivar de una errata y parece conveniente renombrarlo como miembro Ahuyamas. En realidad en la cartografía de estos autores dicho miembro se dispone entre las formaciones Gurabo y Cercado. Por otra parte el afloramiento del río Mao denominado por Maury (1917) como “bluff 3” y considerado originalmente como perteneciente a la Fm Cercado se sitúa inmediatamente por debajo de las calizas del miembro Ahuyamas.

Una contribución general sobre todos los aspectos geológicos de la isla se encuentra en el Special Paper de Mann et al., (1991), destacando los trabajos allí incluidos de Draper y Lewis, sobre cinturones metamórficos; Lewis y Jiménez, sobre el C. Duarte; Lewis et al., sobre la Fm. Tireo; y Dolan et al., sobre cuencas sedimentarias.

Por último, todos los trabajos desarrollados en este Proyecto SYSMIN durante etapas anteriores (Proyectos C de Cartografía Geotemática, 1998-2000 y E de prospección magnética y radiométrica aereoportada del territorio de la República Dominicana; CGG, 1995-96) y las publicaciones a que dieron lugar: Pérez-Estaún *et al.*, Lewis *et al.*, Escuder Viruete *et al.*, Díaz de Neira & Solé Pont, Hernaiz Huerta & Pérez-Estaún, 2002, y Locutura *et al.*, en Acta Geológica Hispánica, (2002).

**La región de la Cordillera Central, cubierta por la Hoja de Restauración**, ha sido objeto de numerosos trabajos de investigaciones científicas y mineras, de los cuales se pueden citar los de Bowin (1960; 1966), Mesnier (1980), JICA/MMJA (1984), Jimenez & Lewis (1987), Amarante y García (1990), Lewis *et al.* (1991), Amarante y Lewis (1995) y Joubert *et al.*, (1998) descritos en detalle en los capítulos siguientes.

Los científicos fueron atraídos por la gran variedad geológica, ligada principalmente a los terrenos volcanosedimentarios de la Fm Tireo y las buenas condiciones de afloramientos de las series a lo largo de la carretera Loma de Cabrera-Restauración-Bánica cortando la Cordillera Central del norte al sur.

Las empresas mineras, atraídas por el potencial minero de la región, desarrollaron (La Rosario Dominicana en particular) y están desarrollando (Unigold Dominicana, S.A.), en la Reserva de Neyta, intensas investigaciones para oro y metales bases, aumentando así el conocimiento geológico de la zona.



## 2. ESTRATIGRAFIA

### 2.1. Cretácico Superior

#### 2.1.1. Formación Tireo

La Fm Tireo es una de las unidades más ampliamente representadas en el área del Proyecto. Concretamente aflora en 9 de las hojas geológicas, ocupando la mayor parte de las Hojas de Jicomé, Lamedero y Restauración, parcialmente las de Dajabón, Santiago Rodríguez, Loma Cabrera, Diferencia, Arroyo Limón y muy reducidamente la de Monción. Litológicamente está constituida por rocas volcánicas y volcanoclásticas con intercalaciones de rocas sedimentarias, existiendo además frecuente asomos de rocas plutónicas e hipoabisales.

Esta formación se distribuye en una franja de unos 280 Km de longitud y 12 a 45 km de anchura, que en general da lugar a los relieves más importantes de la Cordillera Central Dominicana, extendiéndose desde las proximidades de Baní hasta el norte de Haití (series del *Terrier Rouge* y series de la Mina). El límite sur es la Falla de San José-Restauración, y por el norte se extiende hasta la Zona de Falla de la Española (Fig. 4).

El nombre de la formación se corresponde el de un pueblo y un río, próximos a Constanza. Las primeras referencias que aluden a la Fm Tireo se deben a Bowin (1966), aunque posteriormente ha sido objeto de varios estudios por parte de Mesnier (1980), JICA/MMJA (1984), Jimenez & Lewis (1987), Amarante y Garcia (1990), Lewis *et al.* (1991), Amarante y Lewis (1995) y Joubert *et al.*, (1998). Unos estudios han producido cierta controversia respecto a la estratigrafía y subdivisiones cartográficas de esta formación, ya que mientras que los autores japoneses JICA/MMJA (1984) plantean una subdivisión en tres miembros (inferior, medio y superior), Lewis *et al.* (1991) elevan la unidad al rango de Grupo, dividiéndolo en dos, Grupo Tireo inferior y Grupo Tireo superior. A este respecto conviene aclarar que, si bien por las variaciones en la litología y en el quimismo de las rocas que componen esta unidad parece más correcto denominarla con el término Grupo, en el presente trabajo se ha preferido mantener la acepción tradicional de Formación Tireo por ser un término ya muy aceptado, pero sin darle un carácter formal a la misma y sabiendo que incluye diversos términos que por si solos podrían corresponder a formaciones.

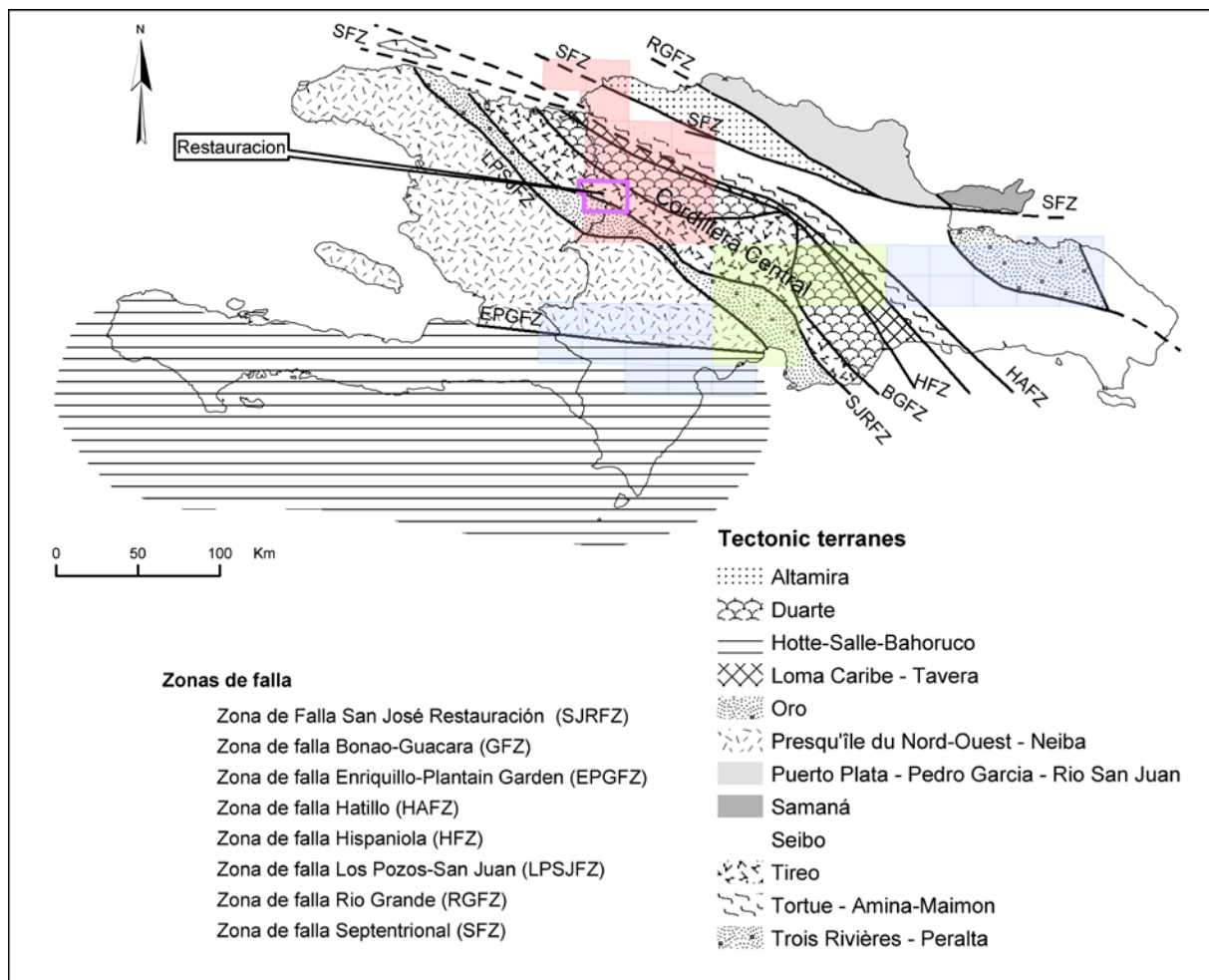


Fig. 4 - Terrenos tectónicos y zonas de fallas mayores en la isla de Española .

La división realizada por Lewis *et al.* (1991) se basa fundamentalmente en el quimismo de las rocas (ácidas o básicas, respectivamente), mientras que la división de JICA/MMAJ (1984) conjuga otros criterios. Ambas divisiones tienen aspectos útiles, pero también presentan algunos problemas a la hora de aplicarlas en una cartografía geológica.

Las dificultades cartográficas se deben, por una parte, al carácter extremadamente monótono que presentan estos materiales volcanoclásticos, carentes de niveles cartográficos de referencia, y por otra parte, a la dificultad de accesos que existe en una gran parte de la Cordillera Central. Además, hay que considerar que los dos grupos de investigadores citados, persiguen fines distintos y han centrado sus investigaciones en áreas diferentes, dentro de la gran extensión que ocupa la Fm Tireo. Así, el trabajo de JICA /MMJA (1984) se centra en la exploración minera en áreas próximas al Pico Duarte y Las Cañitas (sector centro-occidental, de la Hoja de Gajo de Monte). Sin embargo, la mayoría de las observaciones de Lewis *et al.* (1991) se centran en Restauración, y en los sectores más orientales (Constanza, Valle Nuevo, Río Blanco).

La cartografía sistemática de la formación realizada en el conjunto del presente proyecto ha permitido comprobar que dentro de la monotonía generalizada de los materiales volcanoclásticos, existen ciertas tendencias o cambios de facies. Así en la Hoja de Restauración se puede ver una evolución en sentido SO-NE que se caracteriza por una presencia dominante de términos volcánicos y volcanoclásticos en el SO, mientras que hacia el NE predominan las epiclásticas con intercalaciones estrictamente sedimentarias.

Por su facilidad de acceso, por los estudios ya hecho en esta área y por ser la que posee un registro litológico más amplio, la cartografía de la Hoja de Restauración ha resultado fundamental para la comprensión de la Fm Tireo. La Fm Tireo ocupa los dos tercios NE de la Hoja, cubriendo el 64 % de la superficie cartografiada.

A la luz de los trabajos realizados en este proyecto, no se utiliza las subdivisiones de Lewis *et al.* (1991) (Tireo inferior, superior) o de JICA (1984) (Tireo inferior, medio y superior), no porque una distinción estratigráfica local no sea visible, sino más bien, porque esta estratigrafía no es sistemática y no es reproducible de una zona a la otra. Como ejemplo, los autores precitados acuerdan en decir que la parte superior de la Fm Tireo está constituida principalmente por rocas volcánicas y vulcanoclásticas ácidas, esencialmente dacíticas. En la región de Restauración, se observa que las rocas volcánicas y vulcanoclásticas de composición ácida se encuentran más bien en la base de Fm Tireo (ver a continuación). Por otra parte, en un contexto de arco volcánico, como es el caso del entorno de esta formación, las variaciones aleatorias del *quimismo* de los productos emitidos, las migraciones de los centros de emisión o hasta el funcionamiento concomitante de aparatos volcánicos emisores de productos de *quimismo* diferentes, son algunos de los factores que dificultan el establecimiento de una columna litoestratigráfica de referencia a escala del conjunto de arco de isla.

Además, si la Fm Tireo muestra una continuidad espacial desde el sector de Baní hasta el sector del Macizo del norte en Haití (cf. Fig. 4) considerandola a gran escala. Cuando se observa a escala más detallada, la del proyecto K, existen zonas aisladas de Tireo, sin continuidad espacial con el "terreno" Tireo. Es el caso de las hojas de Dajabón, Santiago Rodríguez y Monción, para las cuales el Complejo Dajabón (Hoja de Dajabón) y una parte de lo que anteriormente se había relacionado con el Complejo Duarte (Hoja de Santiago Rodríguez) y que ha sido atribuido, en el curso de estas cartografías, a la Fm Tireo.

Durante el Proyecto C de Cartografía Geotemática de la República Dominicana (1997-2000)", se levantaron por primera vez series muy completas se establecieron varios miembros, y se cartografiaron algunas litologías dentro de la Fm Tireo (Hoja de Constanza etc.). Pero se encontraron las mismas dificultades para distinguir un Tireo inferior de un Tireo superior (Hojas de Sabana Quéliz y Arroyo Caña ).

Por todas las razones expuestas, en vez de usar una columna estratigráfica genérica del Tireo se ha preferido describir las evoluciones litológicas verticales y laterales por hoja o por sector de estudio.

La cartografía de la Hoja de Restauración distingue los siguientes tipo de rocas:

- Rocas hipoabisales, volcánicas y volcanoclásticas de composición ácida
  - Pórfidos micrograníticos
  - Riolitas-riodacitas con anfíboles
  - Dacitas
  - Brechas volcánicas ácidas (con predominio de composición dacítica)
  - Rocas volcánicas, volcanoclásticas, y/o epiclásticas, de composición dominante ácida (toba y brecha dacítica, dacita y riodacita)
- Rocas hipoabisales, volcánicas y volcanoclásticas de composición intermedia
  - Tobas cristalinas gris de composición intermedia
  - Tobas de lapili de acreción
  - Andesitas afíricas
  - Tobas andesíticas verdes lítica y vítreas con andesita
- Intercalaciones de sedimentos en la Fm Tireo
  - Calizas gris y calcarenita
  - Sedimentos (pizarras con predominio de lutitas, y calizas y margas)
- Rocas epiclásticas predominantes, con niveles de rocas volcánicas y/o volcanoclásticas. Composición intermedia a básica predominante con intercalaciones de niveles ácidos
  - Intercalaciones de cherts

El lugar donde se ha podido observar correctamente el muro de la Fm Tireo está en la Hoja de Jarabacoa, donde rocas tipo cherts y lavas ácidas que pertenecen a la Fm Tireo se depositaron sobre esquistos verdes del Complejo Duarte. En todas las hojas del presente proyecto, la distribución cartográfica regional de la Fm Tireo permite estimar que, al menos en parte, la formación se depositó bien sobre el Complejo Duarte. Por otro lado, hay

trabajos, como el mapa geológico de la isla a escala 1:250.000 realizado por El Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR, Alemania) que consideran el Complejo Duarte como un miembro inferior metamorfozido de la Fm Tireo, planteamiento que no se comparte en el presente trabajo.

La edad Cretácico Superior para la formación Tireo está bastante bien establecida. La edad probable más antigua de la Fm Tireo es del Cenomaniano (Bowin, 1966) en la Hoja de Constanza, constatada posteriormente en el Proyecto C de Cartografía Geotemática (1997-2000). En la región de Restauración, las calizas intercaladas en las volcánitas e incorporadas por Lewis en el Tireo inferior han dado una edad Turoniano-Coniaciano ? (Lewis *et al.*, 1991; Tabla 1). Otras dataciones del Tireo dan Maastrichtiano Inferior y muestran edades más recientes que la de Campaniano Inferior, incluso Santoniano relacionado con el volcanismo ácido del Tireo superior (Lewis *et al.*, 1991). Una datación datada por  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  sobre hornblenda, procediendo de la región de Restauración ha dado una edad de  $81.2 \pm 8.2$  M.a. (Jiménez y Lewis, comunicación personal) en tanto que dos riolitas de la región de Valle Nuevo se dataron por K/Ar respectivamente a  $71.5 \pm 3.6$  M.a. y  $85.1 \pm 4.3$  M.a. (Electroconsult, 1983).

En cuanto al techo de la Fm Tireo, el contacto es casi siempre tectónico. Sin embargo, justo al oeste de la Hoja de Restauración, existe un contacto normal que muestra la unidad Bois de Laurence discordante sobre la Fm Tireo (Boisson, 1987; Louca, 1990). Esta unidad es datada por microfauca (cf. descripción en § Bois de Laurence) proporciona edades Campaniano-Maastrichtiano (Boisson, 1987; Lewis *et al.*, 1991). Datos de muestras recogidas y clasificadas en el presente trabajo corroboran esta datación (Tabla 5). Estos sedimentos sellan la actividad del volcanismo.

	Localidad	Long	Lat	Litología	Fauna	Edad	Referencia
Fm Tiroe	RM 160 Norte de Restauración - Arroyo Yobasilio	-71,67966	19,33206	Caliza gris oscuro	<i>Hedbergella? Flandrini</i> - <i>Hedbergella spp</i> - <i>Whiteinella baltica/paradubia gr.</i> - <i>Heterohelix reussi</i> - <i>Heterohelix sp.</i>	Cretácico Turoniano(?) a Coniaciano	Lewis <i>et al.</i> (1991) Robinson (1983, unpublished data)
	RB513 West of Restauración	-71,73742	19,34519	Caliza gris oscuro	<i>Globotruncana? Helvetica</i> - <i>Heterohelix sp.</i> - <i>Hedbergella sp.</i>	Cretácico Turoniano (?)	Lewis <i>et al.</i> (1991) Robinson (1983, unpublished data)
Fm Trois Rivières	85-A-54 cerca Rosso	-71,606080	19,251400	Unidad "Bois de Laurence"  Planktonic foraminiferal micrite	<i>Striate Guembelina</i> <i>Double-keeled Globotruncana spp.</i> <i>Globotruncana spp.</i> <i>G. ?calcarata</i> <i>Pseudotextularia elegans</i> <i>Rugoglobigerina spp.</i>	Campaniano Medio a Maaschtrichtiano	Lewis <i>et al.</i> (1991) Robinson (1983, unpublished data)
	81-14 Cerro de la Colonia	-71,621900	19,229500	Unidad "Bois de Laurence" Foraminiferal-peloidal sparite	<i>Sulcoperculina globosa</i> - <i>Aktinorboides browni</i>	Campaniano Medio a Superior	Lewis <i>et al.</i> (1991) Robinson (1983, unpublished data)
	Unidad Bois de Laurence 82-58 cerca Rosso			"Unidad Bois de Laurence"	<i>Double-keeled Globotruncana spp.</i> - <i>Heterohelix sp.</i> - <i>Hedbergella sp.</i>		Lewis <i>et al.</i> (1991) Robinson (1983, unpublished data)
	DR-82-89b noroeste de Rosso	-71,600610	19,236130	"Unidad Bois de Laurence" Reddish gray shale	<i>Watznaneria barnesae</i> - <i>Broinsonia parca</i> - <i>Eiffelithus turriseiffeli</i> - <i>Micula descussata</i> - <i>Eiffelithus eximius</i> - <i>Cretarhabdus conicus</i> - <i>Cretarhabdus ehrenbergii</i> - <i>Ceratolithoides aculens</i> - <i>Lithastrinus grilli</i> - <i>Tetralithus gothicus</i>	Zonas 21-22 - Campaniano Superior	Lewis <i>et al.</i> (1991) Ming-Jung Jiang, (1983, unpublished data)
	DR-82-142 Caratera internacional	-71,633410	19,206310	Unidad Aguamite Gray shale	<i>Micula descussata</i> - <i>Watznaneria barnesae</i> - <i>Arkhangelskiella sp. (small)</i> - <i>Cretarhabdus conicus</i> - <i>Micula mina</i>	Zone 26 Campaniano Superior	Lewis <i>et al.</i> (1991) Ming-Jung Jiang, (1983, unpublished data)
	DR-82-97 Rio Artibonito	-71,632560	19,224380	Unidad Aguamite Gray shale	<i>Micula descussata</i> - <i>Watznaneria barnesae</i> - <i>Arkhangelskiella sp. (small)</i> - <i>Cretarhabdus conicus</i> - <i>Micula conicus</i> - <i>Cribosphaerella ehrenbergii</i> - <i>Tetralithus trifidus</i>	Zonas 22-23 - Early Maaschtrichtiano/Late Campaniano Superior transición	Lewis <i>et al.</i> (1991) Ming-Jung Jiang, (1983, unpublished data)
	DR-82-84 Cruz de Cabrera	-71,656070	19,255650	Unidad Aguamite Reddish gray shale	<i>Watznaneria barnesae</i>	Edad desconocida, pero probablemente igual que DR-82-89b <i>Watznaneria barnesae</i>	Lewis <i>et al.</i> (1991) Ming-Jung Jiang, (1983, unpublished data)

**Tabla 1 - Dataciones faunísticas anteriores al Proyecto K en la Hoja de Restauración**

Los espesores estimados para la Fm Tireo son inciertos y variables, debido a su propia paleogeografía. JICA/MMAJ (1984) han señalado espesores de más de 3500 m, mientras que Lewis *et al.* (1991) lo elevan a unos 4000 m. En este trabajo se han observado espesores similares a los citados aunque hay que tener en cuenta que la posible presencia de más imbricaciones en el seno de la formación, podría rebajar sustancialmente esta cifra. A continuación se pasa a la descripción de cada una de las unidades cartográficas consideradas dentro de la Fm Tireo en la Hoja de Restauración.

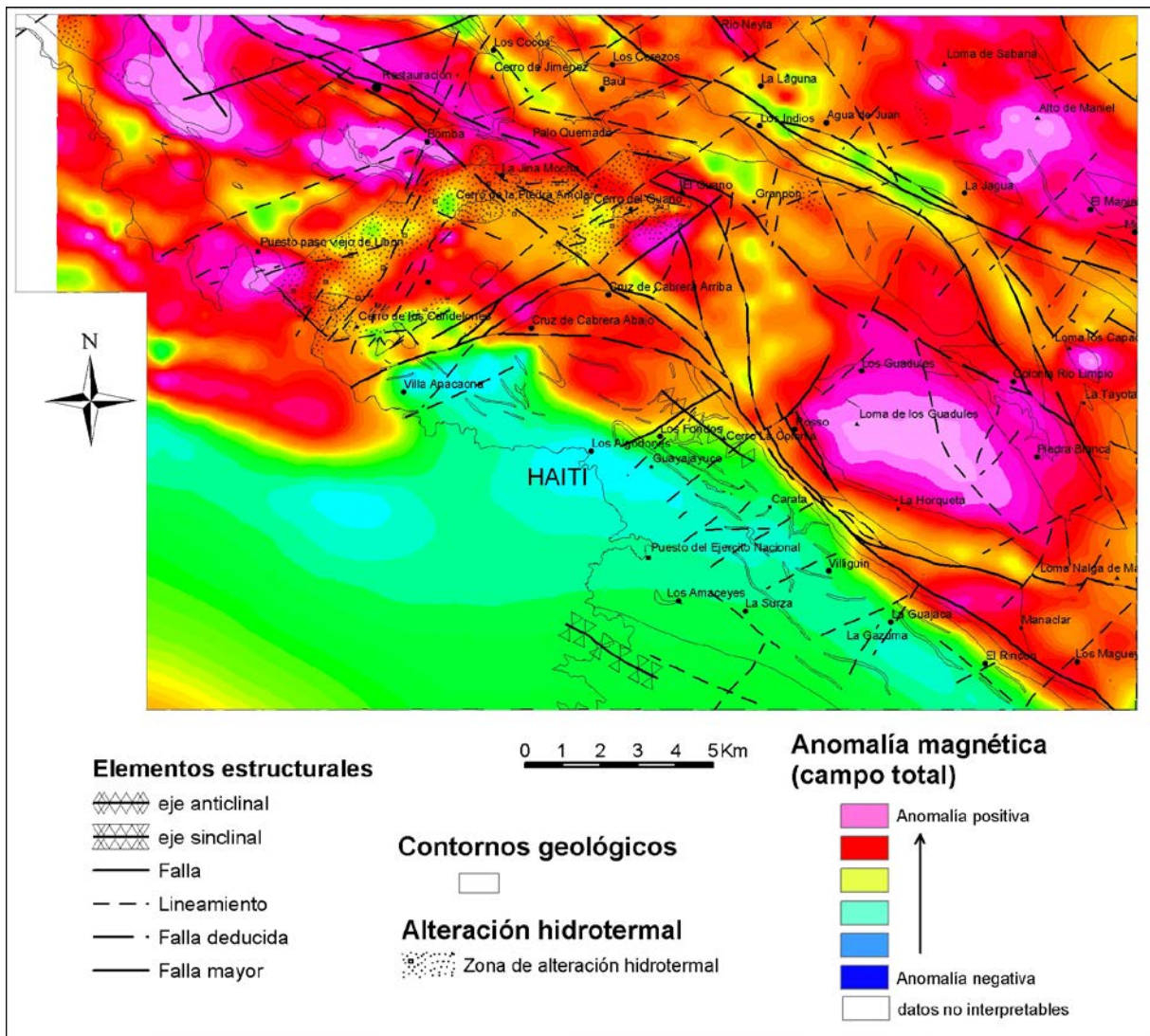
#### 2.1.1.1. Rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición ácida

Las rocas ácidas de la Fm Tireo cubren el 21 % de la superficie cartografiada y forman un núcleo localizado principalmente en una banda media NO-SE con el contacto N de la cuenca de Trois Rivières-Peralta.

Las diferentes facies encontradas son las siguientes:

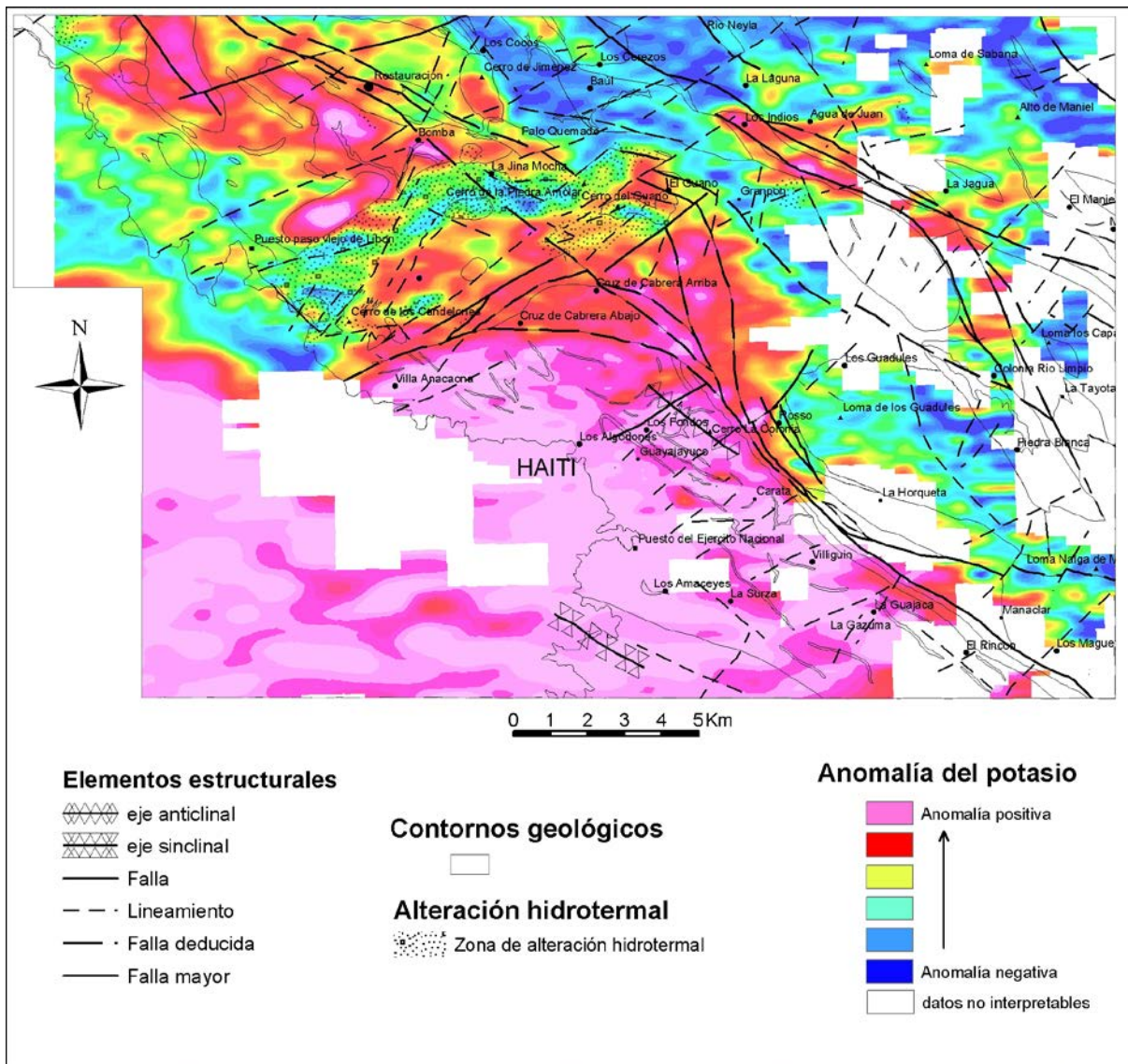
##### 2.1.1.1.1. Formación Tireo (10) Pórfidos micrograníticos. Cretácico Superior (K<sub>2</sub>)

Los pórfidos cuarzíferos están representados por 8 afloramientos aislados, relativamente pequeños (0.3 à 3 km<sup>2</sup>), generalmente de forma subcircular a ovoide, localizados en el sector NO de la Hoja, cubriendo sólo una superficie acumulada del 1,5 % de la Hoja. Se trata de pequeños depósitos hipoabisales que afloran en las rocas encajantes de composición ácida a intermedia y forman en el paisaje relieves bien marcados en forma de domo topográfico (Foto 1): Cerro de Jiménez, Cerro Sino, Cerro de la Yerba, Pan de Azúcar. El conjunto de las facies presenta un color gris, hasta verdusco o rosáceo, una textura fina microgranuda porfídica (Foto 2) caracterizada por la riqueza en fenocristales milimétricos a centimétricos de cuarzo (“ojos” de cuarzo) y de feldespatos y la pobreza en minerales máficos, en los que sólo son visibles algunos raros anfíboles finos. Su firma geofísica es muy particular; se corresponden con anomalías positivas tanto para el campo magnético reducido al polo (excepto Cerro de la Yerba) como para los canales K y Th del vuelo radiométrico (Fig. 5 a Fig. 7). Estas señales están probablemente ligadas a la presencia de magnetita primaria accesoria y a minerales accesorios de torio.



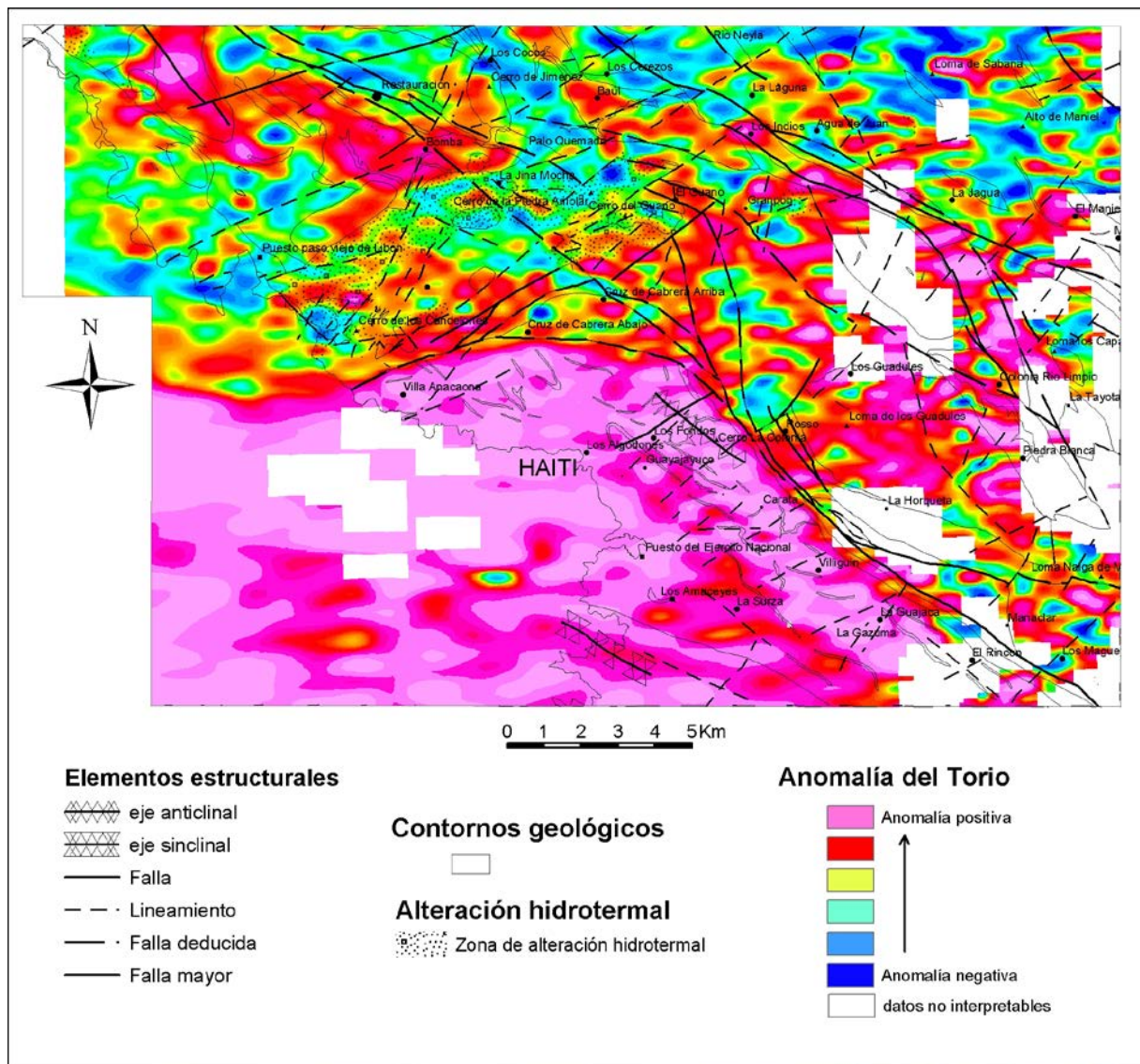
**Fig. 5 - Anomalías del campo magnético total reducido al polo y geología de la hoja sobreimpuesta**





**Fig. 6 - Anomalías del potasio en la Hoja de Restauración (con geología sobreimpuesta)**

Se trata de pórfidos en el sentido petrográfico; no se observa alteración o mineralización particular de tipo pórfido en el sentido metalogenético (pórfidos Cu o Au-Cu).



**Fig. 7 - Anomalías del torio en la Hoja de Restauración (con geología sobrepuesta)**

En efecto, excepto la alteración propilítica, estas facies no muestran alteraciones hidrotermales particulares (por ejemplo potásica) ni stockwork.



*Foto 1 - Cerro Jimenez constituido por un pórfido microgranítico*



*Foto 2 - Textura típica de un pórfido microgranítico  
(Lat=19.31755 ; Long=-71.66508)*

En lámina delgada se observan fenocristales idiomorfos de plagioclasas, a veces en glomerófiro, de cuarzo idiomorfo o xenomorfo y raros fenocristales alterados de hornblenda en una matriz finamente cristalizada equigranular.

#### 2.1.1.1.2. Formación Tireo (09) Riolitas a riolacitas con anfíbol. Cretácico Superior (K<sub>2</sub>)

Se han individualizado dos sectores de riolitas y riolacitas, que cubren hasta el 4,5 % de la superficie cartografiada. Mientras que el primero aflora desde la unión entre río Neyta y el arroyo Cañada hasta el Valle Simón, justo en el sur del pueblo de Restauración, en la forma de paisajes suavemente ondulados o en fondo del valle, el segundo aflora en el sudeste de la Hoja al nivel de Los Magueyes hasta Peña, en las pendientes fuertes y meridionales de la Loma de Nalga de Maco. Se trata de roca leucocrata gris a gris-verdusco, de textura fina frecuentemente porfídica constituida por fenocristales en general milimétricos, en proporción variable, de cuarzo, plagioclasa y anfíbol en una matriz fina a muy fina. Estas rocas se distinguen esencialmente de los pórfidos micrograníticos por su textura mucho menos cristalizada. En cambio, hay señales geofísicas muy cercanas; anomalías positivas tanto en el campo magnético reducido al polo, como para los canales K y Th (Fig. 5 a Fig. 7). El afloramiento del río Neyta, bajo el puente, en el lugar llamado la Bomba (Foto 3 y Foto 4), permite observar estructuras columnarias o autobrecha, características de las coladas de lava de viscosidad elevada o de domos.



*Foto 4 - Prismación en la riolita debajo del puente del río Neyta en la Bomba*

*(Lat=19.30175 ; Long=-71.67920)*



*Foto 3 - Autobrechificación en la riolita, debajo del puente del Río Neyta en la Bomba*

*(Lat=19.30175 ; Long=-71.67920)*

La extensión cartográfica limitada de estas facies hace pensar que puede tratarse de cúpulas o de cúpulas-coladas de composición dacítica a riolítica. Estas facies son frecuentemente afectadas por una alteración hidrotermal débil a fuerte, caracterizada por el desarrollo de una paragénesis propilítica.

#### 2.1.1.1.3. Formación Tireo (08) Brechas volcánicas ácidas (de composición dominante dacítica). Cretácico Superior (K<sub>2</sub>)

Se han reconocido e individualizado cartográficamente brechas volcánicas en 8 sectores de la Hoja ( el 4 % de la superficie cartografiada). La zona más importante se extiende 8 Km en dirección NE-SO y alrededor de 1 Km de ancho desde Palo Quemado (SO) hasta Valle Nuevo (NE), pasando por el norte del pueblo de Restauración. Las otras zonas presentan superficies más modestas ( $\leq 1$  km<sup>2</sup>). La orientación NE-SO se vuelve a encontrar en los sectores que afloran en el suroeste de Roso y al nivel de Loma La Siembra; los demás sectores no presentan una orientación particular.

La roca está constituida por una brecha poligénica rica en elementos (40-70 % de la roca) por lo que el tamaño varía del centímetro al metro (Foto 5 y Foto 6). Los elementos, de

forma subredondeada a subangular y con composición dominante dacítica a riodacítica, presentan texturas variables, desde subafírica a porfídica hasta microgranuda, donde se observan escasos elementos andesíticos. La matriz parece volcanoclástica y localmente se parece a una toba cristalinas (“cristal tuff”). Los niveles decimétricos de tobas pueden, por otra parte, intercalarse entre los niveles macizos de brecha, subrayando así las pocas estratificaciones medibles.



Foto 5 - Brecha volcánica de composición dacítica  
(Lat=19.23361 ; Long=-71.58871)



Foto 6 - Brecha volcánica de composición dacítica  
(Lat=19.33857 ; Long=-71.72192)



Foto 7 - Bloque de brecha dacítica intensamente silicificada  
(Lat=19.26713 ; Long=-71.65971)



Foto 8 - Brecha dacítica intensamente alterada (Si + Ser) y mineralizada (Py oxida)  
(Lat=19.28761 ; Long=-71.61765)

Estas facies de brechas, a menudo porosas, permeables y fuertemente fracturadas, están afectadas con mucha frecuencia por una alteración hidrotermal. Por otra parte, su expresión topográfica depende fundamentalmente de la naturaleza y de la intensidad de esta alteración. Los Cerros Guano, Jina Mocha y la loma la Siembra, que forman relieves

importantes, corresponden a las facies de brechas intensamente alteradas. Localmente es difícil reconocer la textura. La alteración se expresa, en lo esencial, por una silicificación intensa que confiere a la roca un color blanco a crema y una buena resistencia a la erosión. Esta silicificación puede estar acompañada de una sericitización y/o una caolinitización (Foto 7) y localmente un enriquecimiento en sulfuros oxidados (Foto 8). Estas paragénesis de alteración y estas mineralizaciones son típicas de yacimientos epitermales y justifican el interés en término de exploración minera (Joubert *et al.*, 1998). Los otros sectores se expresan mayormente en relieves en forma de colinas que afloran en los valles. Las facies poco o nada afectadas por alteraciones hidrotermales conservan su carácter poroso y friable, facilitando la erosión.

#### 2.1.1.1.4. Formación Tireo (07) Rocas volcánicas, volcanoclásticas y/o epiclásticas, de composición dominante ácida (tobas y brechas dacíticas, dacitas, riódacitas). Cretácico Superior (K<sub>2</sub>)

Esta unidad corresponde a las facies ácidas de la Fm Tireo que no se han podido diferenciar cartográficamente a escala 1:50.000; cubre el 11,5 % de la superficie de la Hoja.

Incluye los pequeños afloramientos sin continuidad cartográfica de brechas volcánicas ácidas, descritos anteriormente, y las rocas tobáceas volcanoclásticas o epiclásticas de composición ácida descritos a continuación.

Las tobas ácidas son de color claro, entre beige y crema, de textura fina a menudo equigranular, constituidas por clastos milimétricos e inframilimétricos, que son elementos líticos, fragmentos de fenocristales de cuarzo y feldespato y, en ocasiones, astillas de vidrio. Es raro observar fragmentos vesiculados. En cambio, la observación de estratificaciones (hasta en lámina delgada) y clastos rodados hace pensar que una parte de este material volcánico está ya retrabajado.

Las tobas, a menudo asociadas a brechas volcanoclásticas, están localmente intercaladas con lavas dacíticas a riódacíticas, masivas o prismadas, o con facies aún más finas, tipo cineritas. Las tobas, como el conjunto de las rocas ya descritas, están afectadas frecuentemente por alteraciones hidrotermales (cloritización, sericitización y/o silicificación).

En este conjunto volcánico-volcanoclástico, las únicas facies que dan informaciones geométricas son las rocas tobáceas o sus intercalaciones con rocas volcánicas (Foto 9 y Foto 10). Esto se observa muy bien a lo largo de la carretera Restauración-Villa Anacaona, desde el Km 6 hasta el cruce con el camino del vivero de Sabana Clara.



*Foto 10 - Alternancia decimétrica de toba, cineritas y brecha volcanoclástica de composición dacítica.*

*(Lat=19.27006 ; Long=-71.69844)*



*Foto 9 - Alternancia decimétrica de toba y de riolita*

*(Lat=19.27465 ; Long=-71.62237)*

#### 2.1.1.2. Rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición intermedia

Los términos de composición intermedia de la Fm Tireo cubren el 18 % de la superficie cartografiada y afloran en una banda NO-SE, globalmente al norte de los núcleos de rocas ácidas y al sur de las epiclastitas. Globalmente estas litologías presentan características magnéticas y espectrales comparables. El conjunto de las respuestas, que tratan de la intensidad del campo magnético reducido al polo o de la intensidad de señales K y Th, es más bien débil en comparación con las rocas ácidas descritas anteriormente (Fig. 5 a Fig. 7).

Las diferentes facies encontradas se detallan a continuación.

##### 2.1.1.2.1. Formación Tireo (12) Andesitas afíricas. Cretácico Superior (K<sub>2</sub>)

Las coladas andesíticas, intercaladas en las tobas de composiciones intermedias, son frecuentes, pero raramente individualizadas cartográficamente en razón de una débil potencia. La superficie cartográfica de 0,2 %, aunque subestimada, muestra sin embargo, que se trata de una facies menor de la Fm Tireo.

El afloramiento más importante de andesitas aparece al oeste del Cerro Candelones, en medio de un conjunto volcanoclástico ácido. Estas andesitas son masivas, de color marrón a marrón verdusco, en general afaníticas, localmente con algunos fenocristales de feldespatos. En lámina delgada se distinguen las andesitas con piróxenos y las andesitas con anfíboles. La lámina 01GS9032, presenta un fenocristal de cuarzo con una corona reaccional de piróxenos; se nota también, a esta escala, la concomitancia de magma ácido e intermedio y su reacción.

La mayoría de las andesitas presentan una alteración hidrotermal con desarrollo de plagioclasa sódica, epidota y calcita.

#### 2.1.1.2.2. Formación Tireo (13) Tobas de lapilli de acreción. Cretácico Superior ( $K_2$ )

En la parte NO de la Hoja se observan algunos niveles de tobas de lapilli de acreción. La potencia varía desde algunos decímetros hasta 50 m; la superficie cartográfica no sobrepasa el 0,2 % de la Hoja.

La potencia de algunos niveles de lapilli de acreción ha sido ampliada, para permitir la representación cartográfica de esta facies característica de las condiciones de depósito y de la dinámica del volcanismo.

La roca se presenta estratificada o masiva (Foto 11), de color característico marrón herrumbroso a rojo oscuro, formada por pisolitas esféricas hematizadas, de tamaño variable, mm a cm (Foto 12). Localmente, se observan fragmentos de ramas fósiles.

Al microscopio, los núcleos de naturaleza diferente, fragmentos cristalinos o vítreos, están envueltos por lechos concéntricos constituidos por fragmentos muy finos de cenizas. A menudo se observa un anillo interno silíceo, así como un cemento cálcico entre los lapillis acrecionarios.

Aunque estas facies han sido interpretadas durante largo tiempo como resultante de la interacción entre las cenizas volcánicas y la lluvia (Lacroix, 1904), esto no es lo más probable. Numerosas observaciones y experimentos han mostrado que los lapillis de acreción se forman en los penachos de ceniza o en las coladas y avalanchas piroclásticas por colisión y acreción de cenizas finas envueltas en líquido. La observación de fósiles de fragmentos de ramas en la Hoja de Restauración, sugiere que ciertos lapillis de acreción se formaron dentro de coladas o avalanchas piroclásticas. En cambio, la observación de estratificaciones con granoclasificaciones normales y rítmicas hacen pensar más en un depósito piroclástico de caída. Por otra parte es muy probable que los dos procesos



coexistieran. En todos casos, estas facies son representativas de fenómenos explosivos en ámbito aéreo.

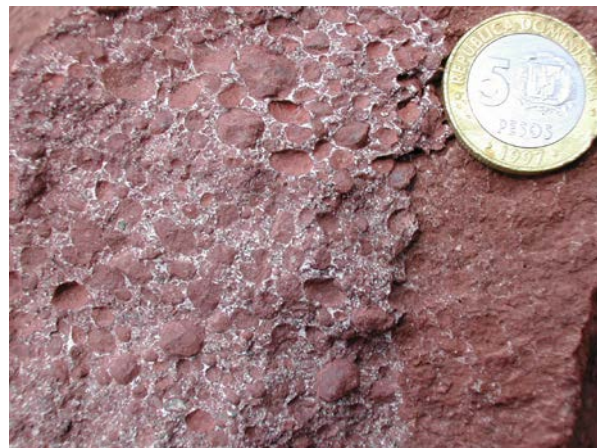


Foto 11 - Alternancia decimétrica de toba de lapili de acreción estratificada  
(Lat=19.30076 ; Long=-71.71847)

Foto 12 - Detalle de la textura de lapili de acreción  
(Lat=19.30220 ; Long=-71.71493)

#### 2.1.1.2.3. Formación Tireo (14) Tobas cristalinas grises de composición intermedia. Cretácico Superior (K<sub>2</sub>)

Afloran, según una banda de 4 Km de extensión NO-SE y 400 m de ancho máximo, justo al norte de Restauración. Los mejores afloramientos se encuentran en el río Yobasilio.

El color de la roca varía entre gris-verde y beige oscuro. La textura es fina y cuando la roca no está afectada fuertemente por la tectónica frágil, muestra también estratificaciones nítidas con una granoclasificación normal (río Yobasilio). La roca es particularmente rica en fragmentos de feldespato milimétrico a inframilimétrico.

En láminas delgadas, se observan también fragmentos de piróxenos y anfíboles en una matriz tobácea fina (cineritas). Se notan clastos raros de cuarzo, pero no se excluye que estén ligados a hidrotermalismo. La composición de los clastos muestra que el magma de origen era de composición andesítica.

La potencia de este nivel puede estimarse en 50 m. El aspecto estratificado y granoclasificado (Foto 13) hace pensar que se trata de depósitos piroclásticos de caída.

#### 2.1.1.2.4. Formación Tireo (11) Tobas andesíticas verdes líticas y vítreas, con andesitas. Cretácico Superior (K<sub>2</sub>)

Es la facies dominante de la Fm Tireo; cubre alrededor del 17 % de la superficie cartografiada y marca, generalmente, colinas en el paisaje.

Son casi siempre rocas de color verdoso, que pueden llegar a marrón verdoso o violáceo, cuya textura clástica, igualmente fina, se reconoce a menudo. Contrariamente a las tobas vitroclásticas o a las tobas de lapilis de acreción, se trata más de niveles macizos donde es raro observar estratificaciones, salvo cuando se encuentran intercalaciones de estas facies o de lavas andesíticas. Las potencias de estos apilamientos tobáceos pueden superar los 1000 m. En el corte de Restauración al Puesto de Paso Viejo, se estima la potencia acumulada por estas tobas a 1500 m, mientras que cartográficamente puede alcanzar los 3000 m.

Tanto a escala meso como microscópica, los clastos dominantes de la toba son líticos o vítreos, sin presencia de una organización particular (bandeado, granoclasificación, etc.). Los mejores afloramientos se observan al norte del cerro Jiménez, en el lugar conocido por "Los Cocos". Los elementos (hasta el 70 % de la roca) están esencialmente constituidos por numerosos fragmentos cloritizados de vidrio, milimétricos, angulosos, de formas concoïdales, convexa o cóncava, atestiguando un magma vesiculado y fragmentado. Hay también fragmentos líticos milimétricos a centimétricos, a menudo redondeados, inmersos en una matriz gris tobácea de la misma composición, pero más fina (Foto 14). Estas facies son características de fenómenos explosivos aéreos.



Foto 13 - Alternancia decimétrica de toba andesítica fina y de toba cinerítica  
(Lat= 19,30211 ; Long=-71,72722)



Foto 14 - Toba gris verde rica en astillas mm de vidrio y en elementos líticos angulosos a subredondos  
(Lat=19.30220 ; Long=-71.71493)

En otros casos, cuando los clastos vítreos no se reconocen fácilmente, no se puede excluir la presencia de una parte de material volcánico ya re TRABAJADO. En la carretera entre Ravinzal y Río Limpio, las alternancias estratificadas de tobas vitroclásticas, líticas y

microconglomerados sugieren un apilamiento de productos volcanoclásticos y con sus equivalentes retrabajados.

El color verde, dominante en estas facies, se debe a la retromorfosis ubicua de clorita y a la *argilitización*, también muy importante.

Finalmente, una parte de la Fm Tireo en la región de Restauración está representada por litologías de composición bimodal, ácida e intermedias, dominadas por rocas volcanoclásticas características de las explosiones aéreas (brechas volcánicas, lapilli de acreción, tobas vitroclásticas; etc.) y en menor manera por lavas andesíticas, cúpulas o cúpulas-coladas dacíticas a riolíticas y rocas hipoabisales de tipo pórfido. Estas facies están localizadas en el ángulo NO de la Hoja de Restauración, donde se encontraban los centros emisivos.

#### 2.1.1.3. Intercalaciones de sedimentos en la Fm Tireo

En la parte alta del complejo volcánico bimodal explosivo, descrito anteriormente, se encuentra una intercalación sedimentaria de lutitas, con margas y calizas. Este conjunto de rocas sedimentarias representa el 2,5 % de la superficie cartografiada; aflora al norte de la camino que conduce al "Km 14", desde Las Rosas hasta Río Limpio. Los mejores afloramientos se observan en la carretera Las Rosas - El Naranjito.

La firma radiométrica y magnética de esta intercalación sedimentaria es característica y muy contrastada con relación al entorno próximo (Fig. 5 a Fig. 7). El campo magnético reducido al polo muestra una anomalía negativa bien definida. Al contrario, las señales radiométricas de K y Th muestran anomalías positivas.

La potencia estimada de esta pila sedimentaria es de 600 m.

Por otro lado, en otros sitios del complejo volcánico, intercalaciones sedimentarias decimétricas a métricas, demasiado pequeñas para ser cartografiadas a escala 1 :50.000, aparecen entre los depósitos (o coladas) volcánicos. Es el caso alrededor de Cruz de Cabrera Arriba, justo al norte del contacto con los sedimentos de la Fm Trois Rivières. Se trata de rocas epiclásticas intercaladas dentro de coladas andesíticas. Estos sedimentos corresponden a depósitos marinos sublitorales a marinos distales. La fauna es característica del Cretácico Superior (Tabla 2, muestra 01GS9201 - 01GS9204 - 01GS9267).

No se descarta la posibilidad que se trate de depósitos sedimentarios de la Fm Trois Rivières intercalados con material volcánico de la Fm Tireo.

A continuación se describen los sedimentos cartografiados dentro de la Fm Tireo.

#### 2.1.1.3.1. Formación Tireo (15) Sedimentos (pizarras con predominio de lutitas, calizas y margas). Campaniano Medio al Maastrichtiano Inferior ( $K_2$ )

Estos sedimentos son de color marrón, localmente rosado, en finos bancos estratificados, a menudo tableados, formados por lutitas (arcillas y limos) (Foto 15). Las intercalaciones decimétricas a métricas de calizas grises son frecuentes e idénticas a las que se individualizaron cartográficamente (ver descripción arriba).

Las muestras 01GS9504 y 01GS9506 corresponden a capas de arcillas más o menos limolíticas. La descripción y la fauna están resumidas en la Tabla 2. Los conjuntos faunísticos son representativos del Campaniano Medio al Maastrichtiano Inferior.



Foto 15 - Pelita margosa bien estratificada en la Fm Tireo  
(Lat= 19,29097 ; Long=-71,56142)



Foto 16 - Alternancia cm a dm de caliza gris/beige con niveles de arenisca a cemento carbonato  
(Lat=19.30000 ; Long=-71.58789)

#### 2.1.1.3.2. Formación Tireo (16) Calizas grises y calcarenitas. Campaniano Medio ( $K_2$ )

Un nivel más potente de calizas fue individualizado cartográficamente. Forma los relieves en cresta del Cerro Trucín a Cerrito Malo. Se observan las calizas micríticas grises descritas anteriormente, pero también calizas detríticas grises a beige, alternando con areniscas con cemento calcáreo (Foto 16).

En lámina delgada, las muestras corresponden a biomicritas y litobiomicritas. Presentan una alternancia regular de capas de limos y "wackes" ("mudstone y wackestone"), con granoclasificación y figuras de compacción de corrientes. Las litofases son constituidas por una importante fracción siltítica con elementos de feldespatos, cherts, y andesitas (?). La

fauna, constituida principalmente de foraminíferos planctónicos, es característica de la parte Superior del Campaniano Medio (Tabla 2, muestra 01GS9118).

Como conclusión, estos sedimentos son las primeras facies sedimentarias marinas de la Fm Tireo; las calizas detríticas y las areniscas con cemento calcáreo, pueden representar las facies circalitorales.

Número muestra	Lat°dec (WGS84)	Log°dec (WGS84)	Localización	Datos de campo - Litología	Litofase	Biofase	Ambiente de depósito	Edad bioestratigráfica
<b>Tireo - Sedimentos (pizaras con predominio de lutitas, y calizas y margas)</b>								
01GS9118	19,29936	-71,58894	Cerca Las Rosas	Caliza gris. Biomicrita y litobiomicrita (siltita bioclastica)	fracción siltosa importante en las capas de siltita : feldespatos, chert, andesita ?	<b>Foraminíferos</b> Globotruncanita cf. stuarti (de LAPPARENT) Globotruncana sp. Globotruncana hilli PESSAGNO Radotruncana calcarata (CUSHMAN)	marino, de cuenca oceánica batial	<b>Cretácico Superior - Campaniano</b> « Medio » alto Biozona de foraminíferos planctónicos a Radotruncana calcarata Equivalente cronoestratigráfico : de -76,8 Ma a -75,5 Ma
01GS9504	19,29238	-71,55816	Cerca Las Rosas	Pelitas, margas y calizas margosas bien estratificadas (pizaras). Alternancias de niveles de arcillas siltosa y biomícrita arcillo-siltosa	- fracción siltosa muy fina de fragmentos de cristales de feldespatos dentro de las capas arcillosas (< 30 µm) - fracción siltosa menos fina hasta el alto de la clase (62,5 µm) dentro de los tramos mas carbonatados	<b>Foraminíferos</b> planctónicos Contusotruncana patelliformis (GANDOLFI), Contusotruncana fornicata (PLUMMER), Gansserina sp., Globotruncana cf. falsostuarti SIGAL, Radotruncana cf. subspinosa (PESSAGNO), Heterohelicidae <b>Radiolarios</b> – bastante comunes, pero completamente machacados y deformados, a menudo transformados en galletas silíceas <b>Metazoarios</b> – muy raros espículas de esponja silícea	marino de cuenca circalitoral distal a batial	<b>Campaniano Medio a Maastrichtiano Inferior</b>
01GS9506	19,29253	-71,55676	Cerca Las Rosas	Arcilla ocre roja parcialmente silicificada	Litofase : algunos piroclastos (clase de arenitas) : - feldespatos en microlitos - « astillas » de vidrio volcánico - filo-silicatos alterados- arcilla probable - clorita ?	<b>Foraminíferos</b> planctónicos Un probable espécimen de Globotruncanidae : Contusotruncana ? sp.	marino profundo	<b>Cretácico Superior, probablemente dentro del intervalo Campaniano-Maastrichtiano</b>
<b>Tireo - Sedimentos interestratificados en las tobas andesíticas verdes y andesitas</b>								
01GS9201	19,26637	-71,6441	Cerca Cruz de Cabrera Arriba	Sedimento muy fino finamente estratificado. Siltita piroclástica (cinerita)	Muy abundantes clastos volcánicos de la clase siltita, bien clasificados : - microlitos de feldespatos abundantes - finas fibras de silicato	<b>Foraminíferos</b> planctónicos Algunos raros ejemplares calcíticos al origen, epigenetizados en filo-silicato y/o silícea indeterminada y de tamaño muy pequeño (clasificación granulométrica) Globotruncanidae indeterminables específicamente <b>Radiolarios</b> : Algunos muy raros espumelarios	marino distal	<b>Cretácico Superior</b>
01GS9204	19,26493	-71,64772	Cerca Cruz de Cabrera Arriba	Roca arcillosa ( ?) silicificada (antigua marga silicificada ?)	Pequeña fracción siltosa de microlitos de silicatos	<b>Foraminíferos</b> planctónicos Muy raros y totalmente recristalizados, indeterminables, conservados en « fantasma » Globotruncanidae <b>Radiolarios</b> – algunos espículos muy recristalizados, indeterminables	marino de cuenca probablemente	<b>Cretácico Superior</b>
01GS9267	19,26749	-71,63952	Cerca Cruz de Cabrera Arriba	Biolithomicrita	extraclastos representando alrededor del 40% de los constituyentes : - cristales de feldespatos abundantes - fragmentos de chert - fragmentos de basalto - granos de minerales opacos	<b>Foraminíferos bénticos</b> Discorbidae, Rotaliidae, Elphidium sp. <b>Radiolarios</b> : un test retrabajado dentro de un extraclasto de chert <b>Metazoarios</b> : grandes fragmentos (hasta 0,5 cm) de moluscos, lamelibranques incluyendo rudista; fragmentos de equinodermo incluyendo asterie (= « estrellamar ») y equinides; algunos raros ostracodes	infralitoral proximal de plata-forma carbonatada arrecifal (arrecife con rudistas).	<b>Cretácico Superior</b>

**Tabla 2 - Dataciones de los sedimentos de la Formación Tireo**

#### 2.1.1.4. Rocas epiclásticas predominantes, con niveles de rocas volcánicas y/o volcanoclásticas y cherts

Hacia el norte, un contacto anormal separa las alternancias sedimentarias de una serie epiclástica, con intercalaciones volcánicas, volcanoclásticas y cherts.

La cartografía de esta zona esta limitada por los accesos y la presencia de una alteración laterítica importante (arcilla roja) que dificulta la identificación del protolito.

El conjunto de las facies reagrupadas en la serie epiclástica cubre lo esencial del cuarto NE de la Hoja, es decir el 15,5 % de la superficie cartografiada.

La firma radiométrica es comparable a la de las tobas andesíticas, dominada por anomalías negativas de K y Th (Fig. 6 y Fig. 7). Por el contrario, esta serie epiclástica corresponde a una anomalía magnética positiva (Fig. 5).

##### 2.1.1.4.1. Formación Tireo (18) Rocas epiclásticas, con niveles de rocas volcánicas y/o volcanoclásticas (composición intermedia a básica) y con niveles ácidos y chert - (17) Conglomerados polimícticos. Cretácico Superior (K<sub>2</sub>)

En afloramiento, las tobas andesíticas (volcanitas verdaderas) son en general masivas y las rocas epiclásticas más organizadas, con capas más o menos finamente estratificadas (Foto 17 - Foto 19). El color de las rocas no afectadas por la alteración laterítica varía de verdusco a beige-verdoso; pero en la mayoría de los casos, la roca presenta un tono rojo ligado a la alteración laterítica sobre-yacente (Foto 18). La textura es, en general, fina a muy fina (caso de las cineritas). Cuando los elementos son visibles, la roca presenta a menudo una composición de grauwaca, lo que sugiere un origen principalmente andesítico; el cuarzo se observa localmente en lámina delgada, pero se necesitaría un trabajo mucho más detallado para precisar la composición original de estas epiclastitas.

Si aún existen intercalaciones de material volcánico o volcanoclástico de composición andesítica a ácida, son minoritarias; lo esencial de las facies se derivan de material volcánico retrabajado.

La serie empieza, al menos localmente, con un conglomerado (Foto 20) poligénico observado sobre el camino Las Rosas-Naranjito, a más o menos 2,5 Km del cruce. Los elementos redondeados, centimétricos a decimétricos, con predominio de rocas volcánicas dacíticas a andesíticas y cantos rodados de cuarzo dentro de una matriz detrítica, constituyen el 50 a 70% de la roca. Es de notar la ausencia de elementos intrusivos.

Si la alimentación de este conglomerado proviene, como es probable, del complejo vulcano-plutónico aflorando inmediatamente al sur (Fm Tireo e intrusivo tonalítico), la ausencia de elementos intrusivos significa que las rocas plutónicas todavía no afloraban en el momento de su formación. El conglomerado se depositó entonces, entre la formación del arco volcánico y la puesta al afloramiento de las rocas plutónicas.



*Foto 17 - Alternancia estratificada mm a dm con predominio de niveles epiclásticos dacíticos finos a muy finos y niveles finos de chert  
(Lat= 19,28387 ; Long=-71,50463)*



*Foto 18 - Alternancia estratificada mm a dm de niveles epiclásticos gruesos a muy finos fuertemente rojizado por la alteración laterítica  
(Lat=19.28487 Long=-71.50507)*



*Foto 19 - Alternancia fina de toba epiclástica, cinerita y finos tramos de chert en la serie epiclástica. Color rojizo debido a la alteración laterítica.  
(Lat= 19,29129 ; Long=-71,48673)*



*Foto 20 - Conglomerado polimicto a la base de la serie epiclástica. Elementos dacíticos y andesíticos cm a dm dentro de una matriz detrítica  
(Lat= 19,29010 ; Long=-71,55047)*

En láminas delgadas, las muestras de rocas epiclásticas corresponden principalmente a tufitas (fracción siltosa) con extraclastos de rocas volcánicas (cineritas, clastos de feldespato, microgravas de lavas).



Se observa frecuentemente una fauna compuesta por foraminíferos planctónicos, radiolarios y localmente fragmentos de equinodermos. Este conjunto faunístico es característico del Cretácico Superior (Tabla 3). La muestra 01GS9819 a dado una edad más precisa Campaniano - Maastrichtiano Inferior.

Esta serie epiclástica se caracteriza también por la presencia de niveles de cherts descritos a continuación.

#### 2.1.1.4.2. Formación Tireo (19) Cherts. Cretácico Superior (K<sub>2</sub>)

Los niveles de cherts se encuentran con frecuencia en la serie epiclástica, en general con una potencia centimétrica a decimétrica, que no permite una cartografía a escala 1:50 000 (Foto 21). El único nivel cartografiado, con una potencia de 50 m y una extensión de 3 km, corresponde a la cresta situada al oeste de El Maniel.



*Foto 21 - Roca epiclástica alternando con niveles de chert negro con material orgánico (Lat= 19,28244 ; Long=-71,50395)*

Los cherts se presentan frecuentemente tableados, con color beige, rosa y negro. El color negro se debe a menudo a la presencia de manganeso o materia orgánica.

El muestreo para ensayos de dataciones mediante radiolarios confirmó la presencia de radiolarios pero con un mal estado de conservación que no permite la datación.

Número muestra	Lat°dec (WGS84)	Log°dec (WGS84)	Localización	Datos de campo Litología	Litofase	Biofase	Ambiente de depósito	edad bioestratigráfica
01GS9540	19,29341	-71,52361	Entre La Jagua y El Maniel	Chert o cinerita (muy rica en sílice) (muestra bandeada) de 20 m de potencia. Chert con radiolarios (antiguo limo arcilloso silicificado)	Litofase : Algunos microlitos de feldespato u otros silicatos dispersos dentro de la arcilla	<b>Foraminíferos planctónicos</b> Algunos raros ejemplarios alterados, recristalizados, ocultados por la alteración <b>Radiolarios</b> Numerosos radiolarios completamente recristalizados, indeterminables	marino de cuenca - Nivel batial probable	<b>Cretácico Superior</b>
01GS9819	19,31672	-71,53604	Cerca El Pendú	Roca epiclástica fina estratificada. Tufita bioclástica	Litofase extraclastos volcanoclasticos casi todos de la clase siltita, muy raramente arenitas : - finos fragmentos piroclásticos (cenizas, cineritas, microlitos muy finos) - microlitos y feldespato - fragmentos de vidrio - tipo de « micro-gravas » de lava, formando un tramo más grueso (arenita), microconglomerático, entre dos niveles más finos	<b>Foraminíferos planctónicos</b> raros, mal conservados, presentes dentro de los tramos más gruesos Globotruncana rosetta (CARSEY) Globotruncana bulloides VOGLER Heterohelicidae <b>Radiolarios</b> Muy raros y muy mal conservados <b>Metazoarios</b> un gran fragmento de 1,2 mm de equinodermo (pieza braquial de ofiuero)	Colada piroclástica en ambiente marino de cuenca (batial ?)	<b>Campaniano no basal a Maastrichtiano Inferior</b>
01GS9822	19,31749	-71,53817	Cerca El Pendú	Roca con textura muy fina, roja, rica en sílice. Probablemente roca volcanosedimentaria. Arcilla siltosa piroclásticas (tufita).	Litofase : muy abundantes piroclastos todos de la clase siltita, bien clasificados : - microlitos de feldespato - « astillas » de vidrio volcánico - posibles raros micro-cristales de sílice - vidrio volcánico vesicular	<b>Foraminíferos planctónicos</b> Muy raros Globotruncanidae completamente epigenetizados en silicato indeterminado <b>Foraminíferos béticos;</b> un fragmento de probable especie hialina de Cibicididae	Arcilla enriquecida en piroclastos en ambiente marino de cuenca (figuras de deslizamiento sub-marinos)	<b>Cretácico Superior</b>
01GS9835	19,30056	-71,55062	NW La Jagua	Sedimentos muy fino, gris oscuro. Arcilla siltosa	Litofase : Frecuente, de la clase siltita : - tipo micro-gravas (intraclastos ?) de arcillas comunes - microlitos de feldespato y otros piroclastos silicatados a veces alterados	<b>Foraminíferos planctónicos</b> Algunos restos probables de Globotruncanidae muy recristalizados <b>Radiolarios</b> algunos spumellaires muy recristalizados	marino de cuenca probablemente	<b>Cretácico Superior</b>

**Tabla 3 - Dataciones de la unidad de Rocas epiclásticas predominantes de la Formación Tireo**

En conclusión, esta serie epiclástica es característica de una cuenca, de tamaño modesto, pero relativamente profunda, alimentada en lo esencial por productos del desmantelamiento de las rocas volcánicas, en las cuales han podido desarrollarse las facies de tipo radiolaritas (cherts).

Varias facies de la Fm Tireo están cortadas por cuerpos intrusivos, tonalitas o filones, descritos en el capítulo 3.1.3.

## **2.2. Cretácico Superior-Paleógeno.**

### **2.2.1. Formación Trois Rivières**

Esta formación está constituida por sedimentos marinos. Las rocas de la Cuenca de Trois Rivières - Peralta fueron descritas por primera vez por Woodring et al (1924), vinculándolas, esencialmente, al Cretácico Inferior a Medio. Posteriormente, Butterlin (1956) reagrupaba los términos sedimentarios cretácicos del Macizo del Norte, bajo el nombre de Fm Trois Rivières de edad principalmente Campaniano-Maastrichtiano. Dolan (1988) reagrupa la cuenca de Peralta y Trois Rivières en el conjunto "Cuenca de Peralta". Este autor reutiliza las edades publicadas, que varían del Cretácico Superior al Paleógeno (Biju-Duval et al., 1982 ; Dolan *et al.*, 1991; Shiroma, 1986), pero piensa que la mayoría de la microfauna determinada ha sido retrabajada y que la edad del depósito es Eoceno. Sin embargo, los trabajos principales se han realizados en la parte sur de la cuenca Peralta-Trois Rivières (entre Baní y Padre las Casas) donde también otros trabajos han contribuido al conocimiento sedimentario y estructural de la Cuenca de Peralta (Díaz de Neira & Hernaiz Huerta, 2000; Dolan *et al.*, 1991; Hernaiz Huerta, 2000a; Hernaiz Huerta & Pérez-Estaún, 2002; Heubeck *et al.*, 1991; Heubeck & Mann, 1991; Love *et al.*, 2001; Sawyer *et al.*, 1997; Smith & Kuhle, 1996; Witschard & Dolan, 1990). En cambio, existen pocos trabajos en la parte NO de esta cuenca. La falta de trabajos globales y de correlaciones a escala de Trois Rivières - Peralta ha conducido a distinciones estratigráficas diferentes.

Boisson (1987) distinguió cuatro unidades en el seno de la Formación llamada Trois Rivières, de techo a muro:

- Bois de Laurence,
- Aguamite (esquistos),
- Cerca la Source (turbiditas),
- Port Margot (conglomerado rojo).

Dolan (1989) definió el Grupo Peralta y distinguió las tres formaciones siguientes, de techo a muro:

- Formación El Número
- Formación Jura
- Formación Ventura

Las facies observadas durante este proyecto corresponden a las descritas por Boisson (1987) en Haití en la Fm Trois Rivières, por lo que se mantendrá esta nomenclatura, al igual que Lewis et al. (1991). Por otro lado no se ha demostrado aún que las cuencas de Peralta y Trois Rivières fueran diferentes en el momento de su formación.

Dentro de la Hoja de Restauración, sólo afloran las unidades de Bois de Laurence y Aguamite; en esta última se distinguieron tres componentes litológicos.

Las condiciones de afloramiento de la Fm Trois Rivières son mucho mejor que las de la Fm Tireo.

Las firmas aeromagnéticas y espectrales para el conjunto de la Fm Trois Rivières se distinguen fuertemente de las de la Fm Tireo: la firma aeromagnética muestra una fuerte anomalía negativa del campo magnético reducido al polo comparada con la de la Fm Tireo, mientras que las firmas espectrales de K y Th definen globalmente la anomalía positiva más fuerte de la Hoja de Restauración y delimitan perfectamente el contacto entre la Fm Tireo y los sedimentos de la Fm Trois Rivières.

#### 2.2.1.1. Unidad Bois de Laurence (23) Calizas micríticas violetas e interestratificaciones de grauwacas y cherts. Cretácico Superior (K<sub>2</sub>)

Esta unidad aflora de forma continua según una banda estrecha, desde el ángulo SO de la Hoja, cerca del pueblo de La Peña, hasta el este del pueblo de Guayajayuco. Está compuesta por calizas, cherts y arkosas.

Las calizas dominan ampliamente, generalmente representadas por micritas violetas, raramente grises a verduscas (Foto 22). Se trata de biomicritas arcillosas con textura de "wackenstone", que presentan una estructura compactada con figuras de intrabrechificación y localmente de micro-estilotización. Comprenden algunos extraclastos de rocas volcánicas que pueden alcanzar 0.5 mm de tamaño, raros fragmentos de feldespatos y chert de fracción siltosa. También se observa una microfauna compuesta esencialmente por foraminíferos planctónicos, raros foraminíferos béticos y radiolarios. El conjunto permite estimar una edad globalmente Cretácico Superior, que puede afinarse según las muestras al Campaniano Medio (01GS9206).

Los niveles de chert se intercalan regularmente en las calizas; en general con un espesor centimétrico a decimétrico y un color verde dominante, hasta gris, negro o morado.

El estudio de las láminas delgadas confirma la presencia de radiolarios, pero éstos últimos están muy mal conservados para su determinación bioestratigráfica.

Los niveles de arkosas son también frecuentes, con un color beige a marrón, una potencia decimétrica a métrica y un aspecto granudo sin granoclasificación visible (Foto 22 y Foto 23).

Se trata de biolitorudita, litorudita o calcarenita con una estructura a menudo microbrechoide, compactada, localmente bioclástica o con presencia de figuras de imbricación de los constituyentes. La textura es generalmente de tipo “packstone” o casi juntiva. La roca contiene abundantes extraclastos con numerosos fragmentos de feldespato pero también clastos de micrita, esparita, biomicrita; de fragmentos de lavas y algunos fragmentos de cherts. La microfauna, presente en el material modificado, está constituida, en esencia, por foraminíferos planctónicos (Tabla 4) que corresponden a una edad Campaniano-Maastrichtiano. La muestra 01GS9754 presenta foraminíferos planctónicos, arrinconados entre los diversos extraclastos, típico del Maastrichtiano “Medio” a Superior (Tabla 4).



*Foto 22 - Alternancia de calizas micríticas violetas, arkosas y cherts  
(Lat= 19,18081 ; Long=-71,53243)*



*Foto 23 - Detalle de un contacto dentro de la calizas micríticas violetas y un nivel decimétrico de arkosa  
(Lat= 19,23648 ; Long=-71,59567)*

Número muestra	Lat°dec (WGS84)	Log°dec (WGS84)	Localización	Datos de campo Litología	Litofase	Biofase	Medio de depósito	Edad biostratigráfica
01GS9540	19,29341	-71,52361	Entre La Jagua y El Maniel	Chert o cinerita (muy rica en sílice) (muestra) bandeana de 20 m de potencia. Chert con Radiolarios (antiguo limo arcilloso silicificado)	Litofase : Algunas microlitas de feldespato u otros silicatos dispersos en el seno de la arcilla	<b>Foraminíferos planctónicos</b> Algunos raros especímenes alterados, recristalizados, enmascarados por la alteración <b>Radiolarios</b> Numerosos Radiolarios completamente recristalizados, indeterminables	Marino de cuenca – Capa batial probable	<b>Cretácico Superior</b>
01GS9819	19,31672	-71,53604	Cerca El Pendú	Roca epiclástica fina estratificada. Tuffite bioclástica	Litofase : extraclastos volcanoclasticos casi todos de la clase de silts, muy raramente arenitas: - finos restos piroclásticos (cenizas, cinerita, microlitas muy finas) - microlitas y feldespatos - restos de vidrio - especies de « micro-gravas » de lava, formando una pasada más grosera (arenita), microconglomerática, entre dos lechos más finos	<b>Foraminíferos planctónicos</b> Raros, mal conservados, presentes en las pasadas más groseras Globotruncana rosetta (CARSEY) Globotruncana bulloides VOGLER Heterohelicidae <b>Radiolarios</b> Muy raros y muy mal conservados <b>Métazoarios</b> un gran fragmento de 1,2 mm de equinodermo (pieza braquial de ofiuero)	Colada piroclástica en medio marino de cuenca (batial ?)	<b>Campanience no basal del Maastrichtien Inferior</b>
01GS9822	19,31749	-71,53817	Cerca El Pendú	Roca de textura muy fina, roja, rica en sílice. Probablemente roca volcanosedimentaria. Arcilla siltosa piroclástica (tuffite).	Litofase : Piroclastos muy abundantes, todos de la clase de silts, bien clasificados: - microlitas de feldespato - « astillas » de vidrio volcánicas - posibles raros micro-cristales de sílice - vidrio volcánico vesicular	<b>Foraminíferos planctónicos</b> ; muy raros Globotruncanidae completamente epigenizados en silicato indeterminado <b>Foraminíferos bénticos</b> ; un resto de probable especie hialina de Cibicididae	Arcilla enriquecida en piroclastos en medio marino de cuenca (figuras de deslizamientos sub-marinos)	<b>Cretácico Superior</b>
01GS9835	19,30056	-71,55062	NO La Jagua	Sedimentos muy finos, gris oscuro. Arcilla siltosa	Litofase : Frecuente de la clase de los silts: - especie de micro-gravas (intraclastos ?) de arcilla comunes - microlitas de feldespato y otros piroclastos silicatados a veces alterados	<b>Foraminíferos planctónicos</b> Algunos probables vestigios de Globotruncanidae muy recristalizados <b>Radiolarios</b> Algunos espumellarios muy recristalizados	Marino de cuenca probablemente	<b>Cretácico Superior</b>

**Tabla 4 - Datación bioestratigráfica de rocas de la unidad Bois de Laurence**

La potencia de esta unidad puede estimarse en 200 m.

Las condiciones de depósito fueron descritas por Boisson (1987) como pelágicas, sugiriendo para las micritas un depósito en una cuenca tranquila. Los cherts y las arkosas corresponden a aportaciones más importantes de material volcánico, procediendo de los relieves volcánicos de la vecina Fm Tireo.

La edad de esta unidad parece relativamente bien establecida. Tanto las dataciones efectuadas en el marco de este proyecto (Tabla 4) como las obtenidas por Boisson (1987) y las resumidas por Lewis et al. (1991) en su síntesis (Tabla 1), concluyen una edad Campaniano-Maastrichtiano.

#### 2.2.1.2. Unidad Aguamite (20) Lutitas con tramos finos, milimétricos a centimétricos, de areniscas y pequeños niveles de carbonatos. Campaniano – Maastrichtiano (K<sub>2</sub>)

Se trata de la facies más común de la Fm Trois Rivières en la Hoja de Restauración. Corresponde a depósitos cíclicos caracterizados por una roca muy fina, finamente estratificada, de color generalmente gris para la roca fresca y beige cuando está alterada. Este depósito está compuesto por finas alternancias de lutitas y niveles discontinuos, lenticulares, de potencia máxima centimétrica, de material detrítico fino (Foto 24). La monotonía de la serie se interrumpe por intercalaciones de niveles carbonatados decimétricos a métricos y niveles decimétricos a decamétricos de areniscas, que serán descritos en el § siguiente.

Se observan estructuras sedimentarias de tipo *ripple marks* (Foto 24 y Foto 25), granoclasificación, y raramente *slumps*.



Foto 24 - Lutitas con niveles finos, milimétricos a centimétricos, de areniscas - turbiditas finas (Lat=19.22487 ; Long=-71.63732)



Foto 25 - Ripple marks en un nivel de areniscas (Lat=19.24121 ; Long=-71.68073)



Foto 26 - Relación estratigráfica/esquistosidad en los Aguamite  
(Lat=19.22206 ; Long=-71.60041)



Foto 27 - Aguamite - Margas, lutitas y areniscas en proporciones equivalentes  
(Lat=19.22351 ; Long=-71.58259)

Las edades obtenidas para esta unidad no permiten diferenciarlas claramente de la unidad Bois de Laurence. Tan este trabajo que los de Boisson (1987) y Lewis et al. (1991) obtienen edades bioestratigráficas que varían de la parte superior del Campaniano al Maastrichtiano. La deformación de esta serie, que se tratará posteriormente, está marcada, sobre todo, por pliegues “en chevrons” a todas las escalas y por una esquistosidad de plano axial muy verticalizada (Foto 26).

#### 2.2.1.3. Unidad Aguamite (21) Areniscas y calcarenitas dominantes, interestratificadas con lutitas y margas. Campaniano-Maastrichtiano (K<sub>2</sub>)

Los niveles de areniscas son parte integrante de la serie descrita anteriormente. Las capas cartografiadas más potentes, pueden alcanzar algunas decenas de metros de potencia. Generalmente forman pequeñas colinas y se siguen muy bien en el paisaje. La barra más importante está constituida por varias capas decamétricas cuya potencia acumulada supera localmente los 300 m al afloramiento. Aflora en contacto normal (localmente afectado de fallas) bajo la unidad Bois de Laurence. La unidad Aguamite es característica de facies de turbiditas distales.

El estudio de lámina delgada muestra que se trata de litarenita o de calcarenita que muestran una estructura homogénea a microbrechoide y de textura contigua a subcontigua. Los elementos están constituidos de extraclastos muy abundantes en general subangulosos a angulosos que provienen de material volcánico (numerosos fragmentos de feldespato, clasto de lava máfica), cherts, calizas micríticas o bioclásticas.



Número muestra	Lat°dec (WGS84)	Log°dec (WGS84)	Localización	Datos de campo Litología	Litofase	Biofase	Medio de depósito	Edad biostratigráfica
<b>Formación Peralta - Unidad Aguamite - Areniscas y calcarenitas dominantes, interestratificadas con lutitas y margas</b>								
01GS9576	19,23751	-71,60121	N Cerro La Colonia	Barra de arenisca masiva. Litarenita	Muy abundante; extraclastos angulosos, algunos sub-angulosos de : cristales de feldespato frecuentes (40% a 50% del total) - basalto u otra roca volcánica microlítica - chert - minerales opacos - caliza micrítica - caliza bioclástica muy recristalizada- probables raros cristales de cuarzo	<b>Foraminíferos bénticos</b> restos de gran forma béntica Orbitoides sp. probablemente (modificado) y Sulpercoperculina sp. <b>Radiolarios</b> Muy raras conchas arrinconadas entre los litoclastos (modificados) <b>Metazoarios</b> un único resto modificado de equinodermo	facies detrítica de flysch o turbidita	<b>Cretácico Superior - Campanien a Maastrichtien</b>
01GS9577	19,23929	-71,60644	N Cerro La Colonia	Dominante nivel de arenisca dm. Muestra los niveles más finos. Siltita	Extraclastos muy abundantes y heterogéneos, bien clasificados a 90% de la clase de los silts y alrededor de 10% de la base de la clase de las arenitas (100 a 200 µm) : - cristales de feldespato abundantes - granos minerales opacos - lava, incluyendo basalto y otra roca volcánica microlítica - vidrio volcánico raro - chert raro - augita rara - filo-silicato indeterminado	<b>Foraminíferos planctónicos</b> ; posible resto modificado de Globotruncanidae muy recristalizada, indeterminable <b>Foraminíferos bénticos</b> ; raro fragmento modificados de gran forma <b>Radiolarios</b> ; contenidos exclusivamente en un extraclasto <b>Metazoarios</b> ; raros restos de equinodermo y molusco indeterminado	facies detrítico de flysch o turbidita	<b>Cretácico Superior</b>
<b>Calizas Nalga de Maco</b>								
01GS9720	19,17255	-71,50449	SE Los Magueyes	Abanico compuesto por cantos inmaduros de caliza de la loma de Nalga de Maco. Biosparita	ausente	<b>Eucariotes - Algas</b> Abundantes restos rodados y fuertemente micríticos de talo de Corallinaceae Mélobésiée y de rodolita. <b>Metazoarios</b> - algunos moldes internos totalmente esparíticos de gasterópodos y anélidos polychètes - raros fragmentos de equinodermo - muy raros ostracodos muy recristalizados	Marino infralitoral al inicio, seguido de un episodio en zona freática marina, luego de agua dulce o salobre (silt vadose). Facies de desmantelamiento de una caliza construida con algas	Ausencia de criterio preciso; no obstante debe recalarse que este tipo de facies es bastante frecuente localmente en el <b>Mioceno</b> , pero podría debutar mas temprano
01GS9737	19,18099	-71,52154	O Los Magueyes	Abanico compuesto por cantos inmaduros de caliza de la loma de Nalga de Maco. Biomicrita a Soritidae	Ausente	<b>Eucariotas - Algas</b> - marinas, con restos de talo de Dasycladaceae y de Corallinaceae mélobésiées en pequeños restos muy micritizados - de agua dulce o salobre, con girogonitas de characées (oogones) <b>Foraminíferos - bénticos</b> Miosorites americanus (CUSHMAN), Archaias angulatus (FICHTEL & MOLL), Quinqueloculina sp., Miliolinella sp., Reussella sp., Discorbidae, Rosalina ? sp., Glabratellidae <b>Metazoarios</b> - restos de corales hexacorarios, frecuentes moldes internos de pequeños gasterópodos, rsts de molusco (gasterópodo y lamelibranquios), ostracodos de carapacho grueso	lagon, plataforma carbonatada de medio arrecifal con débil salinidad (aportes de agua dulce). Medio alcalino probablemente	<b>Mioceno Inferior levantado en Medio basal</b>

**Tabla 5 - Datación bioestratificada de la Fm Trois Rivières (Aguamite) y de las calizas de Nalga de Maco**

Restos de faunas constituidas esencialmente por Foraminíferos béticos, raros radiolarios y algunos restos de equinodermos, son característicos de una edad Campaniano–Maastrichtiano (Tabla 5).

#### 2.2.1.3.1. Unidad Aguamite (22) Margas, lutitas y areniscas en proporciones equivalentes. Cretácico Superior (K<sub>2</sub>)

Esta facies particular de la unidad Aguamite aflora en el sur de la Hoja de Restauración. Sólo se distingue de la facies general por la aparición más importante de margas y una proporción equivalente de lutitas y arenitas (Foto 27), estas últimas son frecuentemente calcarenitas. La fracción detrítica volcanogénica, también parece aquí más importante. La esquistosidad sigue presente pero más débil.

En la Hoja de Restauración, las facies encontradas de la Fm Trois Rivières son interpretadas por Boisson (1987) como facies pelágicas de cuenca tranquila. Para los esquistos de Aguamite, las observaciones durante este trabajo coinciden con la interpretación de Dolan (1988) considerándolos como turbiditas finamente estratificadas, características de depósito "outer fan/basin plan". No es posible estimar el espesor total de estos sedimentos en la Hoja de Restauración ; al muro el contacto con la Fm Tireo es anormal y no se observa el techo. Por otra parte, las complicaciones estructurales debido al juego de las fallas (probablemente infra valorado cartográficamente, ligado a la monotonía de las facies) ocasionan una posible sobre-estimación del espesor de la serie. La estimación cartográfica de la serie muestra una potencia máxima de 2500 m de sedimentos.

La presencia de material volcanogénico retrabajado, en las diferentes facies (arkosas de Bois de Laurence y también arenitas de los Esquistos de Aguamite), muestra que la fuente más probable de dicho material es el arco volcánico representado por la Fm Tireo.

Las medidas de paleocorrientes muestran una dirección inicial hacia el suroeste (Dolan, 1988).

### **2.3. Basaltos Guandules-Pelona-Pico Duarte (06).**

Al nivel de los relieves jóvenes, las lomas de los Guandules y Peña Blanca al SE de la hoja y Cerro Montgreñé en el ángulo NO, aparecen masas importantes de basaltos. Estos basaltos, no descritos hasta el presente, afloran en zonas de difícil acceso y cubiertas enteramente por la vegetación. Los datos aeromagnéticos muestran que se trata de anomalías positivas, las más fuertes del mapa del campo magnético reducido al polo.

A nivel de la loma de los Guandules, estos basaltos parecen estratigráficamente sobre la Fm Tireo y, de forma característica, en ellos no se han visto intrusiones de venas y filones de leucotonalitas con hornblenda relacionadas con el magmatismo de arco, por lo que temporalmente son posteriores a la Fm Tireo y al emplazamiento del Batolito de Loma Cabrera. Por otro lado, encima de estos basaltos toleíticos ricos en Ti de afinidad OIB, muy diferente del magmatismo de arco toleítico y calco-alcalino de la Fm Tireo (ver después), se disponen la Fm de Calizas de Nalga de Maco cuya edad es Eoceno – Mioceno(?).

En todos los casos se trata de roca relativamente fresca, de color gris oscuro a azulado, a menudo masiva, localmente vacuolaria, con textura variable, en general afanítica, a veces ligeramente porfídica, incluso localmente traquítica con la aparición de plagioclasas visibles al ojo y orientadas según el plano de derrame. Estas facies no sufrieron ni metamorfismo, ni deformación salvo en zona de falla donde la roca está brechificada.

En lámina delgada, las observaciones macroscópicas están confirmadas. Se observan con regularidad fenocristales, automorfos a subautomorfos, reagrupados a menudo en glomeropórfidos, de plagioclasa, clinopiroxeno (augita titanífera?), ortopiroxeno, y localmente olivina. La roca es siempre rica en minerales opacos (titanomagnetita). El circón y los carbonatos completan el conjunto de los minerales accesorios. La mesostasia es frecuentemente afanítica, a veces intersertal definiendo una textura pseudo-traquítica. Las vacuolas están rellenas de cuarzo, calcita y zeolita. Una alteración hidrotermal, a menudo fuerte, afecta con frecuencia la roca esencialmente con el desarrollo de minerales secundarios tales como illita-sericita y chlorita en detrimento respectivo del plagioclasa y de los ferromagnesianos.

Los análisis geoquímicos de 2 muestras tomada al pié de la Loma de los Guandules muestran, en particular, un enriquecimiento muy importante en  $TiO_2$ , característico de las lavas alcalinas y poco compatible con las firmas calco-alcalinas de las rocas tanto intermediarias como ácidas de la Fm Tireo.

Todas estas observaciones hacen pensar que las lavas basálticas, antes descritas, no pertenecen a la Fm Tireo y que la edad es más reciente. Estas rocas no han sido descritas en el sector y no tienen dataciones absolutas, por lo que se debe buscar análogos eventuales en la Española. Las secuencias de basaltos de meseta oceánico regionalmente equivalentes son:

- los basaltos del DSDP Leg 165 (site 1001), datados a 81 Ma (Sinton *et al.*, 2000),
- la Fm Dumisseau en el SO de Haití con fauna desde el Campaniano Inferior (74 Ma) a Santoniano Superior (83 Ma) en la parte alta de la sucesión y Coniaciano-Turoniano (86-

90 Ma) en la parte baja (Maurrasse *et al.*, 1979; Sen *et al.*, 1988), datada por Sinton *et al.* (2000) entre 87-90 Ma,

- los basaltos de la Fm Siete Cabezas que intercalan fauna de radiolarios Santoniano (83-86,5 Ma; Donnelly *et al.*, 1990) y han sido datados recientemente por  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en  $69.0\pm 0.7$  Ma y  $68.5\pm 0.5$  Ma (roca total y plagioclasa; Sinton *et al.*, 1998), edad más concordante con los radiolarios presentes en las intercalaciones de cherts del Campaniano Superior (Montgomery *et al.*, 1994).

## **2.4. Eoceno - Mioceno (?)**

### **2.4.1. Calizas de Nalga de Maco (24). Eoceno-Mioceno (P<sub>2</sub> - N<sub>1</sub> ?)**

Las calizas de Nalga de Maco sólo afloran en la esquina SE de la Hoja, cubriendo aproximadamente 5 km<sup>2</sup> (#1,3% de la superficie total). La loma de Nalga de Maco es la más alta de la Hoja (1,467 m). Las condiciones topográficas son muy difíciles; el único acceso, a partir del pueblo de Río Limpio, necesita, según los guías locales, tres días a pié, hasta la cumbre. Por carencia de tiempo, no se ha podido realizar este corte. Las descripciones siguientes provienen de las observaciones efectuadas en la hoja vecina de Jicomé, completadas por las muestras de los conos de derrubios procedentes de estas calizas y los datos aeroportados. Las fotos aéreas y las imágenes satélite permiten delimitar fácilmente esta litología; confirman también las observaciones de campo según las cuales las calizas forman una meseta subhorizontal de 400-500 m de potencia, discordante sobre todas las formaciones del entorno (Fm Tireo, tonalitas y Fm Trois Rivières). La firma aeromagnética muestra el inicio de una anomalía negativa del campo magnético reducido al polo, comparada a la de la Fm Tireo vecina. Hay carencia de los datos espectrales en esta zona. Los bloques de rocas visibles en los conos de derrubios corresponden a una caliza muy clara, generalmente blanca, a menuda rica en fauna (gasteropodos, material arrecifal y a veces algas.

Los resultados del estudio de las láminas delgadas se encuentran en la Tabla 5.

La muestra GS9720, tomada en los conos de derrubios de la pendiente sur de la loma, es una biosparita con abundantes restos de "thalle de Corallinaceae Mélobésiée y rhodolite" que no se pueden datar, pero que son frecuentes en el Mioceno. Las condiciones de depósito son marinas sublitorales al inicio, seguidas por un episodio en zona freática marina y luego por aguas dulces o salobres. Se trata de una facies de desmantelamiento de una caliza construida con algas.

La muestra GS9737 corresponde a una biomicrita con Soritidae, típica de lagoon o plataforma carbonatada en ambiente arrecifal de baja salinidad (aportes de aguas dulces) probablemente alcalino.

La asociación faunística encontrada es típica del límite Mioceno Inferior a Medio.

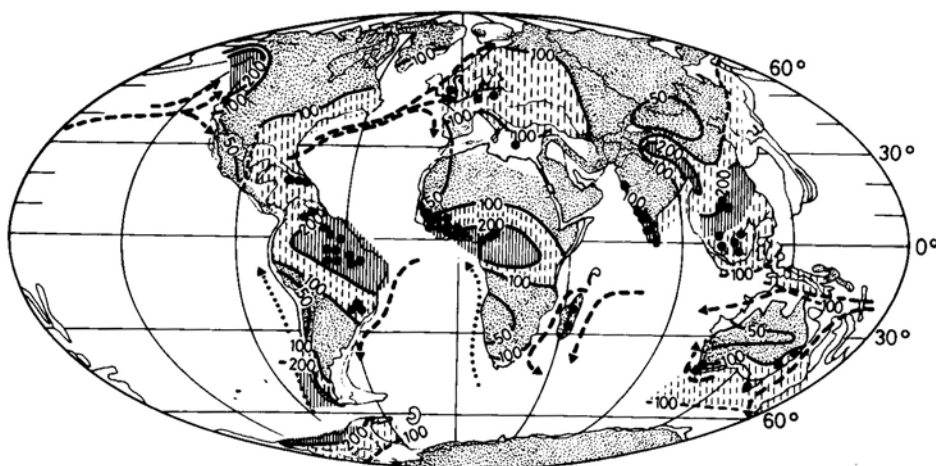
Por otro lado, las 2 muestras de la vecina Hoja de Jicomé (Contreras, 2004) muestran una asociación faunística típica del Eoceno Medio a Superior

En conclusión, las calizas de Nalga de Maco de edad Eoceno a Mioceno (?) corresponden a una facies de plataforma carbonatada arrecifal que pasa a un ambiente de aguas dulces.

## 2.5. Mioceno Medio – Cuaternario

### 2.5.1. Alteración laterítica - arcillas rojas a rojizas. Mioceno Medio – Cuaternario

Según las reconstituciones climáticas y los datos de campo, existió en el Mioceno Medio, el máximo de un clima húmedo, propicio a la formación de laterita en la región Caribeña, correspondiendo con la formación de las bauxitas kársticas de Jamaica, Haití y República Dominicana (Bárdossy & Aleva, 1990; Fig. 8).



**Fig. 8 - Reconstitución de las zonas con fuerte pluviometría en el Mioceno Medio de acuerdo con Parrish et al. (1982); repartición de las paleocorrientes y yacimientos de bauxitas (Bárdossy y Aleva, 1990) (la trama vertical representa la zona con fuerte pluviometría)**

Estos mismos autores muestran que después de un periodo de enfriamiento, existe un nuevo episodio de laterización en esta zona, en el Plioceno Superior. Por fin, el clima tropical actual es también favorable para la alteración laterítica. Haldemann *et al.*, (1979) proponen un evento laterítico continuo que prevalece desde el Mioceno hasta el Pleistoceno para la formación de los yacimientos lateríticos de Ni en la República Dominicana.

Falconbridge estima la duración del proceso a unos 20 millones de años, empezando al Mioceno Inferior después de un ciclo tectónico mayor; ([www.falconbridge.com/our\\_business/geology\\_description/falcondo\\_description.doc](http://www.falconbridge.com/our_business/geology_description/falcondo_description.doc)).

Es difícil datar con precisión un fenómeno de laterización, las dataciones radiogénicas son inoperantes por el momento. El método más fiable es la datación geomorfológica, en particular, la estimación de la edad de formación de las llanuras propicias a la laterización (ver también capítulo geomorfológico). Por otro lado un límite de edad superior es la edad de las rocas afectadas por la laterización. En el marco de este estudio, las rocas afectadas por una argilitización intensa asimilada en el proceso de laterización, corresponden a las rocas del batolito de Loma Cabrera (Cretácico Superior), de la Fm Tireo (Cretácico Superior), del complejo Duarte (Jurásico-Cretácico Inferior) y de la Fm Trois Rivières (Cretácico Superior). Las rocas más reciente de las formaciones Bulla (Mioceno), Cercado (Mioceno), Gurabo (Plioceno), o del Grupo Tavera (Paleoceno-Eoceno) no parecen afectadas por este fenómeno de laterización. Su posición en ambiente marino lo explica fácilmente. Por lo tanto no hay incompatibilidad con uno o varios eventos lateríticos del Mioceno Medio al Cuaternario.



Foto 28 - Paisaje con suelos rojos característica de las arcillas de laterización  
(Lat=19,3328; Long=-71,60465)



Foto 29 - Laterización de la tonalita  
(Lat=19,3066; Long=-71,60039)



Foto 30 - Arcilla roja de laterización  
(Lat=19.34393 ; Long=-71.65019)

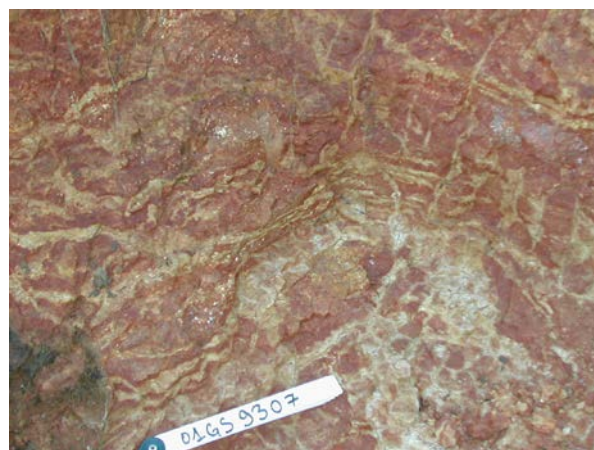


Foto 31 - Arcillas abigarradas  
(Lat=19.34171 ; Long=-71.63222)

En la Hoja de Restauración, todas las litologías relacionadas con el conjunto volcánico-plutónico (Fm Tireo y tonalita; Foto 28 a Foto 31) y las rocas ultramáficas (Foto 38) están afectadas por el fenómeno de laterización. Las únicas litologías que no están laterizadas son las de la Fm Trois Rivières y los sedimentos cuaternarios cuyas composiciones no son muy favorables.

El perfil de laterita corresponde a una capa de arcillas muy rojizas, homogéneas, blandas, de potencia métrica a polimétrica, con presencia de "stone line" residual de cuarzo. Las isalteritas infrayacentes se presentan como una argilitización de color rojizo naranja con manchas blanquecinas de la roca madre, de la cual se puede observar relictos de la estructura original. En las tonalitas las arcillas pasan de manera continua a la saprolita, al contrario de las rocas ultramáficas donde este cambio es muy abrupto.

Así, el fenómeno de laterización parece limitarse a la fase de argilitización, sin llegar a la formación de coraza laterítica. De hecho, no se han observado niveles de corazas pisolíticas ferruginosas, ni relictos de estas corazas o pisolitos provenientes de supuestas corazas lateríticas en los depósitos aluvionares o sedimentarios cuaternarios. Esta laterización, sin desarrollo de corazas ferruginosas, corresponde a la fase de argilitización que se observa actualmente en clima caliente húmedo; la formación de corazas ferruginosas necesita un clima caliente con alternancias de temporadas secas y húmedas.

## **2.6. Cuaternario**

La Hoja se caracteriza por la poca relevancia de los depósitos cuaternarios.

Estos depósitos, con una extensión reducida de cerca de 10 km<sup>2</sup>, correspondiendo al 2.5% de la superficie de la Hoja, están clasificados en 3 tipos principales:

- Aluviones de terrazas (medias y altas)

- Depósitos aluviales de fondo de valle
- Coluviones, conos de derrubios

### **2.6.1. Depósitos de terrazas (medias y altas) (27). Cuaternario (Q)**

Los sedimentos aluviales de terrazas se encuentran pobremente representados en la Hoja. Afloran localmente en el cauce de los principales ríos. Buenos ejemplos se observan en las curvas del río Neyta (Foto 32). Estas antiguas terrazas, rubificadas, parecen en parte repetidas por la actividad erosiva actual del río. Las arenas y gravas son los constituyentes principales, con fragmentos redondeados a sub-redondeados de rocas volcánicas y matriz arcillo-arenosa.



*Foto 32 - Terraza colgada del río Neyta sobre la Fm Tireo  
(Lat=19.31403 ; Long=-71.68408)*

### **2.6.2. Depósitos aluviales de fondo de valle (26). Cuaternario (Q)**

Debido al clima y relieve montañoso de la Hoja de Restauración, el regímen actual de los ríos es erosivo y los depósitos aluviales son raros. El mejor ejemplo se observa en la pequeña cuenca de Río Limpio, donde los aluviones del río Vallecito han rellenado el fondo del valle (Foto 33). Los sedimentos están compuestos por gravas y materiales finos, limos o limo-arenosos, a menudo ricos en materia orgánica.





Foto 33 - Sedimentos de fondo de valle cerca de Río Limpio



Foto 34 - Conos de derrubios al pié de las calizas de Nalga de Maco

### 2.6.3. Coluviones, conos de derrubios (25). Cuaternario (Q)

Estas facies se encuentran al SE de la Hoja, en las pendientes de las lomas Nalga de Maco y El Gajo Arriba.

Se trata de impresionantes depósitos de deslizamiento (Foto 34), de tipo gravitacional, con una gran extensión. Los constituyentes representan la roca madre: calizas en la Nalga de Maco y rocas volcánicas en El Gajo Arriba. Ambos depósitos son caóticos, constituidos por cantos y bloques subangulosos, centimétricos a pluridecamétricos, muy mal clasificados y muy poco consolidados. La potencia, difícil de estimar, es muy variable (1 a 20 m).

## 3. PETROLOGIA, METAMORFISMO, GEOQUIMICA y DATAIONES

### 3.1. Petrología y dataciones de las rocas intrusivas y filonianas

#### 3.1.1. Introducción

La cordillera Central de la República Dominicana presenta numerosos cuerpos intrusivos cuyo tamaño varía desde stocks o plutones aislados hasta batolitos que cubren 1500 km<sup>2</sup> y más (ej. batolito de Loma Cabrera – Mont Organisé, Fig. 9). Los granitoides afloran en sucesión, principalmente según una banda discontinua NO-SE, desde el macizo de Limbé al NO (Haití) hasta el macizo de Medina al SE (Rep. Dominicana). Como información, otro alineamiento más limitado en dirección E-O está constituido, de oeste a este, por los macizos de Hatillo, Cévicos y El Valle (Fig. 9).

En el seno de la Cordillera Central, los autores distinguieron intrusivos foliados en relación con otros más abundantes no foliados. La inmensa mayoría de ellos, foliados o no, son relativamente pobres en potasio. Los granitoides foliados son clásicamente descritos como

intrusivos en el complejo Duarte donde forman cuerpos alargados concordantes con las foliaciones regionales (Bowin, 1966; Kesler *et al.*, 1991). Hay raras excepciones que muestran, sin embargo, intrusivos foliados, en la Fm Tireo (tonalita foliada de Macutico). Los intrusivos no foliados cortan las formaciones volcánicas y volcanosedimentarias tanto del Complejo Duarte como de la Fm Tireo.

Por otro lado, los cuerpos de tamaño batolítico (batolito de Loma Cabrera y El Río; Fig. 9) son descritos como complejos intrusivos heterogéneos formados por litologías variadas, desde gabros hasta tonalitas (Feigenson, 1978; Lewis, 1980; Kesler *et al.*, 1991), mientras que los cuerpos de tamaño pequeño (e.g. El Bao, Medina, etc.) parecen representar intrusiones de composición homogénea, generalmente tonalíticas.

Los datos petrológicos, geoquímicos y, en menor medida, geocronológicos, son parciales y heterogéneos a escala de la Española. Si la geoquímica de los elementos mayores es bien conocida, la de los elementos en trazas y los datos isotópicos no lo es. Solo el batolito de Loma Cabrera, que fue objeto de dos tesis (Feigenson, 1978 ;Cribb, 1986), se estudió con más detalle. Casi todos los macizos han sido datados, parece necesario, antes de describir las facies encontradas en cada hoja, rehacer una síntesis crítica y actualizada de las edades de los intrusivos, dado que los métodos son heterogéneos y a veces inapropiados (con el conocimiento actual) al objeto datado.

### **3.1.2. Síntesis de las dataciones radiogénicas existentes**

Las rocas intrusivas de la Cordillera Central de la República Dominicana dieron lugar a un cierto número de dataciones radiogénicas durante los últimos 30 años (Bellon *et al.*, 1985; Bowin, 1975; Cribb *et al.*, 1989; Feigenson, 1978; Hernaiz Huerta, 2000b; JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) y METAL MINING AGENCY OF JAPAN (MMAJ), 1984; Kesler *et al.*, 1977b; Kesler *et al.*, 1991; Mesnier, 1980).

Kesler *et al.*, (1991) han dedicado una publicación de síntesis con este propósito. A partir de estos trabajos y datos complementarios, particularmente los adquiridos durante el Proyecto C de Cartografía Geotemática de la República Dominicana" (1997-2000), se discuten estos resultados para integrarlos al conocimiento de las rocas intrusivas batolíticas de la Cordillera Central. No se limitará aquí a los granitoides, sino al conjunto de las rocas intrusivas datadas en la Cordillera Central, para tener una visión comprensiva de la edad de las diferentes facies intrusivas.

Excepto los resultados obtenidos durante del primer Proyecto C de Cartografía Geotemática de le República Dominicana" (1997-2000), uno de los mayores problemas encontrados para hacer el análisis de los datos bibliográficos, es que muy a menudo tenemos poca

información sobre la naturaleza de la muestra e informaciones muy pobres en cuanto a la descripción de la técnica analítica. Por otra parte, los datos existentes resultan de técnicas analíticas diversas y no siempre fáciles de comparar o utilizar. A título de ejemplo, se dataron algunas muestras por isocrono Rb-Sr lo que, *a priori* (faltan los datos originales) no es fácil, ni deseable para las rocas de edad fanerozoica, dado que la gama de las relaciones Rb/Sr no está suficientemente distribuida, debido a un fraccionamiento geoquímico poco importante.

Otras dataciones provienen de medida K-Ar sobre roca total, mucho menos deseable que su equivalente con separación mineral. En efecto, la retención de Ar varía en función de las fases minerales y es difícil de constreñir la temperatura de cierre del sistema. Por otra parte, incluso con la medida con fase mineral separada no se excluye estar en presencia de:

- una pérdida de Ar, ligada al enfriamiento del sistema o a un nuevo evento térmico que afecta a las rocas datadas y genera una edad infravalorada,
- o una ganancia de Ar, especialmente por las circulaciones de fluidos debidas a un evento metamórfico o hidrotermal, que genera una edad sobrestimada.

El método Ar-Ar se ha utilizado con separación mineral en un gran número de muestras. Parece que siempre se trata de medidas por fusión directa y no por calentamiento incremental. El método por fusión directa plantea los mismos problemas de interpretación que el método K-Ar.

En el anterior proyecto Sysmin, se dataron dos muestras por U-Pb sobre zircón (vía disuelta). La ventaja, en relación con los precedentes métodos, radica en la gran resistencia del zircón a los eventos metamórficos.

Considerando estas restricciones, se trata de interpretar las edades obtenidas por grupo litológico, por repartición espacial y por método analítico utilizado. La Fig. 9 y la Tabla 6 presentan un resumen de los datos radiogénicos. En la Fig. 9, el conjunto de los resultados está reagrupado por tipos litológicos señalados con etiquetas de diferentes colores indicando el método analítico utilizado.

### 3.1.2.1. LOS INTRUSIVOS MÁFICOS (GABRO, ANFIBOLITA, HORNBLENDITA)

Se analizaron tres tipos litológicos de composición máfica: gabros, anfibolitas y hornblenditas. Las muestras datadas provienen del NE del batolito de Loma Cabrera, del macizo de Arroyo Caña y del macizo de Yautía, es decir que todas provienen de la parte norte de la zona intrusiva y de los intrusivos tonalíticos descritos más abajo. Varios autores consideran que los intrusivos máficos son cogenéticos de los intrusivos tonalíticos (Cribb, 1986; Kesler *et al.*, 1977a). De hecho, la demostración no es clara. Como se verá en los

párrafos siguientes, las relaciones de terreno no permiten llegar a conclusiones definitivas y carecemos de datos geoquímicos para decidir.

Al nivel del batolito de Loma Cabrera, las muestras provienen de las proximidades de El Pino (com. Oral J. Lewis). La hornblendita y la diorita de grano grueso, son intrusivas en las anfibolitas del Complejo Duarte e intruidas por la tonalita y un conjunto de diques aplíticos, a veces con 2 micas (cf. Hoja de Santiago Rodríguez). No se nota metamorfismo de contacto entre diorita-hornblendita y las anfibolitas del Complejo Duarte. Por el contrario, existe un metamorfismo de contacto importante entre tonalita y anfibolita.

Dos resultados K-Ar sobre Hornblenda dan edades de  $122,1 \pm 1,8$  Ma y  $122,6 \pm 1,8$  Ma, mientras que dos medidas Ar-Ar dan edades de 97 Ma y 123 Ma.

El conjunto de edades es Cretácico Inferior con predominio del límite Valanginiano-Hauteriviano.

Un pequeño macizo, presentando anfibolitas entre otras facies, dió una edad K-Ar sobre Hornblenda de 55 Ma. Faltan informaciones de la muestra y de su entorno.

Un pequeño cuerpo intrusivo de la Hoja de Arroyo Caña (Macizo de la Yautía) de composición gabro-norítica fue datado durante el Proyecto C de Cartografía (Hernaiz Huerta, 2000b). Se trata también de un cuerpo intruyendo las anfibolitas del complejo Duarte. La edad Ar-Ar obtenida sobre hornblenda es de  $121,4 \pm 4,6$  Ma y se interpretó como la edad de retención de  $^{40}\text{Ar}$ .

Justo al sur del macizo de la Yautía, el pequeño cuerpo intrusivo de Piedra Blanca (Hoja de Arroyo Caña) está constituido por hornblendita y tonalita foliada. Las relaciones entre las dos facies no están muy claras. Hernaiz (2000b) describe la hornblendita cortando la tonalita foliada mientras que Bowin (Bowin, 1966) cita unos diques ácidos cortando la hornblendita. La edad obtenida por Hernaiz (2000b) por Ar-Ar sobre hornblenda es de  $87 \pm 9,5$  Ma, mientras que la edad obtenida anteriormente por Bowin (1975) por K-Ar sobre Hornblenda es de 123 Ma.

Al final, excepto para la edad no informada de 55 Ma, la mayoría de estos cuerpos máficos está en relación estrecha con el Complejo Duarte (cuerpos intrusivos en las metalavas básicas de la Fm Duarte) y da una edad Cretácico Inferior con una ventana estadística más marcada de 121-127 Ma (Valanginiano-Hauteriviano). Esta edad puede corresponder a un evento metamórfico afectando el sustrato de la Española (Kesler *et al.*, 1977) pero no se excluye que sea representativo del Complejo Duarte.

Nombre del Macizo	Long (WGS84)	Lat (WGS84)	Numero	Método	Tipo muestra	edad (Ma)	Error (Ma)	Bibliografía
<b>Anfibolita</b>								
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	RD-72-39	K-Ar	Hbl	123,1	1,8	Kessler <i>et al.</i> , 1977
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	RD-72-39	K-Ar	Plag	122,6	1,8	Kessler <i>et al.</i> , 1977
N Jarabacoa	-70,6091	19,1350	RD-72-49	K-Ar	Hbl	55	3,4	Kessler <i>et al.</i> , 1977
<b>Gabro</b>								
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	Tab.2, 16	Ar-Ar	Hbl	123	?	Cribb <i>et al.</i> , 1989
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	84-85	Ar-Ar	Hbl	97	?	Cribb <i>et al.</i> , 1989
Arroyo Caña	-70,3886	18,7289	AC-8005	Ar-Ar	Hbl	87	0,5	Sysmin
<b>Hornblendita</b>								
Piedra Blanca	-70,3453	18,8376	Tab.2, 01	K-Ar	Hbl	127	5	Bowin, 1975
Bonao	-70,3369	18,8440	91-309	Ar-Ar	Hbl	87	0,5	Sysmin
<b>Tonalita</b>								
Arroyo Caña	-70,3716	18,7362	AC-8001	Ar-Ar	Hbl	88,3	0,3	Sysmin
Arroyo Caña	-70,3716	18,7362	AC-8001	U/Pb	Circón	87,6	0,3	Sysmin
Colonia Ramfis	-70,2648	18,5336	Tab.2, 05	K-Ar	WR	56,5	?	Bellon <i>et al.</i> , 1985
El Bao	-70,9601	19,2580	Tab.1, 45	K-Ar	Biot	33	2	Kessler <i>et al.</i> , 1991
El Bao	-70,9601	19,2602	Tab.1, 46	K-Ar	Biot	49	2	Kessler <i>et al.</i> , 1991
El Bao	-70,9601	19,2602	Tab.1, 46	K-Ar	Hbl	70,5	0,8	Kessler <i>et al.</i> , 1991
El Bao	-70,9601	19,2580	Tab.1, 45	K-Ar	Hbl	68,4	0,9	Kessler <i>et al.</i> , 1991
El Bao	-70,9512	19,3049	Tab.2, 06	K-Ar	WR	55	?	JICA, 1985
El Bao	-70,9534	19,3072	Tab.2, 07	K-Ar	WR	41	?	JICA, 1985
El Río	-70,7097	19,0098	Tab.2, 09	K-Ar	Hbl	86	?	Bowin, 1975
El Río	-70,7097	19,0076	Tab.2, 08	K-Ar	WR	98	?	JICA, 1985
El Río	-70,7097	19,0098	Tab.2, 10	K-Ar	WR	70	?	Mesnier, 1985
El Valle	-69,4308	18,9897	Tab.2, 11	K-Ar	WR	92	?	Bellon <i>et al.</i> , 1985
El Valle	-69,4308	18,9897	Tab.2, 12	K-Ar	WR	87	?	Bellon <i>et al.</i> , 1985
Hatillo	-70,1407	19,0030	95-101	U/Pb	Circón	115	0,3	Sysmin
Jautía	-70,4280	18,7281	Tab.1, 17	K-Ar	Biot	81	2	Kessler <i>et al.</i> , 1991
Batolito Limbé	-72,4895	19,7275	Tab.2, 13	K-Ar	WR	103	?	Bellon <i>et al.</i> , 1985
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	85-58B	Ar-Ar	Biot	49,2	0,2	Cribb <i>et al.</i> , 1989
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	84-73	Ar-Ar	Biot	75,3	0,4	Cribb <i>et al.</i> , 1989
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	SAB-31	Ar-Ar	Biot	50,6	0,4	Cribb <i>et al.</i> , 1989
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	85-58B	Ar-Ar	Hbl	85	0,6	Cribb <i>et al.</i> , 1989
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	84-73	Ar-Ar	Hbl	86,5	0,6	Cribb <i>et al.</i> , 1989
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	SAB-31	Ar-Ar	Hbl	84,5	0,7	Cribb <i>et al.</i> , 1989
Loma de Cabrera	-71,4722	19,4123	RD-72-30	K-Ar	Hbl	68,7	0,9	Kessler <i>et al.</i> , 1991
Loma de Cabrera	-71,6018	19,3362	RD-72-34	K-Ar	Hbl	49,4	0,6	Kessler <i>et al.</i> , 1991
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	Tab.2, 21	Rb-Sr	Biot-I	50	?	Feigenson, 1978
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	Tab.2, 20	Rb-Sr	Biot-I	88	?	Feigenson, 1978
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	Tab.2, 19	Rb-Sr	WR-I	92	?	Feigenson, 1978
Medina	-70,1284	18,5470	Tab.1, 10	K-Ar	Biot	81	2	Kessler <i>et al.</i> , 1991
Medina	-70,2067	18,6118	Tab.1, 02	K-Ar	Biot	80	2	Kessler <i>et al.</i> , 1991
Medina	-70,2067	18,6118	Tab.1, 02	K-Ar	Hbl	82	2	Kessler <i>et al.</i> , 1991
Mont Organisé	-72,1451	19,5598	Tab.2, 23	K-Ar	WR	62,5	?	Bellon <i>et al.</i> , 1985
Pico Duarte	-70,9132	19,0746	Tab.2, 24	K-Ar	WR	63	?	JICA, 1985
<b>Tonalita foliada</b>								
	-70,3609	18,7370	Tab.1, 18	K-Ar	Hbl	63	0,5	Kessler <i>et al.</i> , 1991
	-70,3587	18,7348	Tab.1, 14	K-Ar	Biot	56	2	Kessler <i>et al.</i> , 1991
Oeste El Puerto	-70,2693	18,7214	Tab.2, 04	K-Ar	Musc	68	?	Bowin, 1975
Pino Herrado	-70,2670	18,7214	Tab.2, 03	K-Ar	WR	92,2	?	Bellon <i>et al.</i> , 1985
Arroyo Caña	-70,2642	18,7600	91-308	U/Pb	Circón	89,8	0,4	Sysmin
Arroyo Caña	-70,2614	18,7149	AC-8003	Ar-Ar	Musc	84,6	0,5	Sysmin
<b>Aplita con dos micas</b>								
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	76-LT	Ar-Ar	Musc	50,4	0,4	Cribb <i>et al.</i> , 1989
Loma de Cabrera	-71,5124	19,3720	76-LT	Ar-Ar	Biot	48,3	0,3	Cribb <i>et al.</i> , 1989

**Tabla 6 - Síntesis de las dataciones absolutas de las rocas intrusivas de la Cordillera Central. (Las coordenadas son aproximadas. "Número original" es el número de la muestra analizada o el número citado en las tablas 1 y 2 de Kesler *et al.* (1991). Cuando el error no esta citado en las publicaciones se puso "?")**

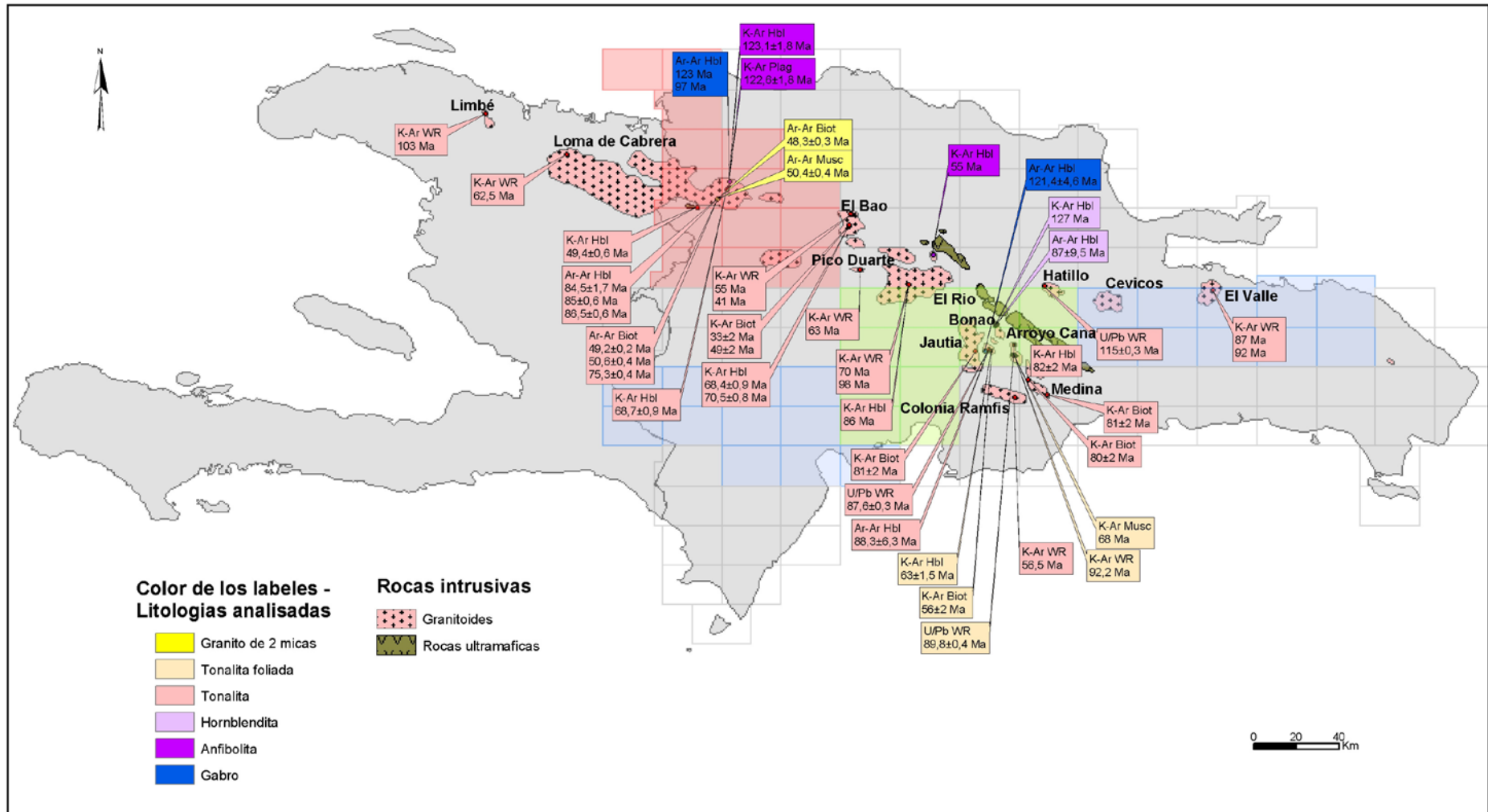


Fig. 9 - Distribución de las rocas intrusivas y de las dataciones absolutas en la Española.

### 3.1.2.2. INTRUSIVOS TONALÍTICOS

A partir de la literatura, se distinguen tonalitas foliadas y no foliadas. Es importante discutir para cada hoja y para cada intrusivo si se trata de un mismo cuerpo, localmente deformado, o de 2 generaciones de intrusiones distintas.

En este párrafo, la discusión se limitará al análisis de las edades obtenidas.

#### **Intrusivos tonalíticos foliados**

Todas las edades obtenidas para los intrusivos tonalíticos foliados provienen de 2 pequeños cuerpos de las cercanías de Bonao, en la Hoja de Arroyo Caña (Fig. 9).

Como lo destacó Hernaiz Huerta (2000b), las edades obtenidas en estas litologías están sujetas a discusión. Las edades antiguas, 127 Ma y 92 Ma, fueron obtenidas por Bowin (1966) por K-Ar sobre hornblenda y roca total en las facies de anfibolita y hornblendita respectivamente (ver párrafo anterior).

Las edades obtenidas directamente de las tonalitas foliadas son más jóvenes; Kesler *et al.* (1991) obtienen edades entre  $56 \pm 2$  Ma y 68 Ma por K-Ar sobre minerales separados (Tabla 6). Las dataciones realizadas durante el anterior Proyecto C de Cartografía (1997-2000) dan, en cambio, una edad de  $89,8 \pm 0,4$  Ma por U/Pb sobre circón y una edad de  $84,6 \pm 0,5$  por Ar-Ar sobre muscovita (Hernaiz Huerta, 2000b). Kesler *et al.* (1991) emiten la hipótesis de que las edades más modernas corresponden a un evento térmico post-intrusión y que las tonalitas foliadas preceden ligeramente las no foliadas cuya intrusión esta estimada por sus autores en 80-87 Ma. Hernaiz Huerta (2000) afirma que las relaciones de terreno excluyen tal edad y estima una edad probable Cretácico Inferior para la intrusión de las tonalitas foliadas.

No se concluirá acerca de la edad de estas tonalitas de forma global, pero se insiste más en la importancia de las relaciones de terreno; para cada intrusivo calificado de foliado es importante saber si existe un gradiente de deformación entre el cuerpo no deformado y una parte deformada y si este intrusivo esta cortado por cuerpos del Cretácico Inferior.

#### **Tonalitas no deformadas**

Las tonalitas no deformadas son los intrusivos más representados y afloran a todo lo largo de la Cordillera Central, desde el macizo de Limbé en Haití, hasta el macizo de Medina al SE de Santo Domingo. La mayoría de las dataciones absolutas disponibles proviene de estas tonalitas no deformadas.

Ocho edades K-Ar sobre roca total provienen de los macizos dispersos a lo largo de la Cordillera Central (Tabla 6, Fig. 9). Los resultados obtenidos varían de 41 a 103 Ma sin organización espacial alguna. Recordar también las tres edades obtenidas por Rb-Sr (Feigenson, 1978) comprendidas entre 50 y 92 Ma; considerando las restricciones emitidas acerca de estos métodos, parece difícil utilizar estos valores.

#### ***Batolito de Loma Cabrera***

Cribb *et al.* (1989) obtuvieron edades Ar-Ar sobre biotita y hornblenda en las tonalitas; las edades sobre biotita presentan valores comprendidos entre  $49,2 \pm 0,2$  y  $75,3 \pm 0,4$  Ma, mientras que aquellos sobre hornblenda son notablemente más ancianos y más homogéneos, comprendidos entre  $84,5 \pm 1,7$  y  $86,5 \pm 0,6$  Ma. La temperatura de cierre del sistema siendo más elevada para la hornblenda que para la biotita, estas edades sugieren la presencia de dos eventos térmicos: la intrusión de las tonalitas cerca de 85 Ma (Santoniano) y un segundo evento que abrió el sistema de las biotitas a una edad máxima de 49 Ma.

#### ***Macizo de El Bao***

Kesler *et al.* (1991) obtuvieron edades K-Ar sobre biotita y hornblenda en el macizo de El Bao. Una vez más, las dos edades sobre biotita ( $33 \pm 2$  y  $49 \pm 2$  Ma) son más jóvenes que las obtenidas sobre hornblenda ( $68,4 \pm 0,9$  y  $70,5 \pm 0,8$  Ma) lo que sugiere de nuevo la presencia de 2 eventos térmicos.

#### ***Macizo de El Río***

Bowin (1975) obtuvo una edad de 86 Ma por K-Ar sobre hornblenda concordando con las edades obtenidas en el batolito de Loma Cabrera.

#### ***Macizo de La Jautía***

Los 2 pequeños cuerpos están agrupados bajo el nombre de La Jautía. Tres edades obtenidas por técnicas diferentes son muy parecidas:  $81 \pm 2$  Ma obtenida por K-Ar sobre Biotita (Kesler *et al.*, 1991),  $87,6 \pm 0,3$  Ma por U/Pb sobre circón y  $88,3 \pm 6,3$  Ma por Ar-Ar sobre Hornblenda (Hernaiz Huerta, 2000b).

#### ***Macizo de Medina***

Kesler *et al.*(1991) obtuvieron 2 edades K-Ar sobre biotita respectivamente a  $81,3 \pm 2$  Ma y  $80 \pm 2$  en el macizo de Medina.

Al final, en lo que se refiere a las tonalitas de la Cordillera Central, se distingue:

- un primer grupo de edades comprendidas entre 80 y 88 Ma; encontradas sistemáticamente a lo largo de la Cordillera; estas edades marcan probablemente las intrusiones tonalíticas.



- un segundo grupo de edades, comprendidas entre 49 à 75 Ma, menos representadas y, sobre todo, procedentes de dataciones K-Ar sobre biotita y en una menor medida sobre hornblenda; estas edades corresponden, probablemente, a la apertura del sistema de la biotita (pérdida de  $^{40}\text{Ar}$ ) después de un nuevo evento térmico cuya edad máxima sería de 49 Ma.

### 3.1.2.3. APLITAS CON DOS MICAS

La parte norte del macizo de Loma Cabrera está atravesado por un conjunto de diques leucócratos, descritos como leucotonalitas por Cribb *et al.* (1989). Estos diques corresponden a menudo a aplitas con dos micas, cortando también la tonalita, las gabrodioritas y las anfibolitas del Complejo Duarte. La composición hiperaluminosa, marcada por la muscovita, hace pensar que las aplitas no son cogenéticas de las tonalitas (de composición meta-aluminosa). Dos edades obtenidas por Ar-Ar sobre biotita y muscovita, a partir de la misma muestra, dan valores cercanas y coherentes de  $48,3 \pm 0,3$  Ma y  $50,4 \pm 0,4$  Ma (Cribb *et al.*, 1989).

### 3.1.2.4. SINTESIS

Como conclusión, resalta del análisis de las dataciones procedentes de los intrusivos de la Cordillera Central que se pueden individualizar tres eventos térmicos distintos que dan lugar a los siguientes productos:

- Los intrusivos máficos, de edad Valanginiano – Hauteriviano (Cretácico Inferior), más bien localizados en la parte norte del eje intrusivo y en relación estrecha con el Complejo Duarte (cuerpos intrusivos en las metalavas básicas del Complejo Duarte). Si Kesler *et al.* (1977) consideran que no se deben poner en relación con el Complejo Duarte, no hay evidencia para excluirlo, por lo menos por la edad del metamorfismo del Complejo Duarte y por la edad del Complejo Duarte; serán necesarios datos geoquímicos suplementarios para decidir.
- Las tonalitas no foliadas, de edades comprendidas entre 80 y 88 Ma, (de acuerdo con Kesler *et al.* 1991), intrusivas a lo largo de la Cordillera Central, sin diacronismo observable. Las dataciones de las tonalitas foliadas muestran una variación de edades de 56 Ma hasta 89 Ma. Estas edades son compatibles con las edades de las intrusiones de tonalitas no deformadas. Los argumentos de terreno y de geoquímica parecen necesarios, caso por caso, para precisar si estas tonalitas son singenéticas de sus equivalentes no deformadas. Las edades más jóvenes, entre 49 y 75 Ma, obtenidas con

las tonalitas no deformadas, podrían estar ligadas a una reapertura del sistema, durante una tercera fase intrusiva.

- Este tercer evento magmático podría corresponder a la intrusión de una fase peraluminosa (diques de aplitas con 2 micas), con edades comprendidas entre 48 y 50 Ma) concordantes con las edades rejuvenecido de las tonalitas.

El conjunto de esta interpretación debe confrontarse con los datos de campo (ver capítulo 3.1.3.) y con las dataciones realizadas durante este proyecto (capítulo 3.4.).

**En la Hoja de Restauración, las rocas intrusivas son:**

- tonalitas con anfíboles,
- microdioritas,
- rocas ultramáficas.

**3.1.3. Tonalita con anfíboles (03)**

Las tonalitas de la Hoja de Restauración representan el 9% de la superficie cartografiada y afloran en dos sectores.

El primero forma una faja alargada NE-SO desde Los Cerezos hasta Río Limpio.

El segundo se encuentra en el cuarto NO de la Hoja, a lo largo del río Libón, en la frontera con Haití y su extensión del lado haitiano se desconoce. La faja Los Cerezos - Río Limpio está conforme a la orientación estructural dominante y constituida por 3 pequeños cuerpos lenticulares, sigmoides, de 5 km de largo y 2 km de ancho. Estas tonalitas siempre corresponden a depresiones topográficas; intruyen las unidades de la Fm Tireo provocando localmente un ligero metamorfismo de contacto, observable, en particular en el sector de las Rosas, en el contacto norte entre la tonalita y las tobas y sedimentos.



*Foto 35 - Tonalita con Anfíbol y enclave microdiorítico  
(Lat= 19,27218 ; Long=-71,56334)*



*Foto 36 - Tonalita con Anfíbol cortada por un dique microdiorítico  
(Lat= 19,27218 ; Long=-71,56334)*

Las firmas magnéticas y espectrales (K et Th) de las tonalitas son bastante características; mientras que el campo magnético reducido al polo muestra valores positivos, la señal del K es débil (anomalía negativa) y la del Th es globalmente bastante elevada (Fig. 5 a Fig. 7).

Al afloramiento, las tonalitas se reconocen fácilmente, a pesar de una frecuente saprolitización, debido a la meteorización.

Los afloramientos más frescos se encuentran en el cauce del río Artibonito (Foto 35), en particular en el lugar conocido como Ravinzal. La facies petrográfica es generalmente homogénea; se trata de una roca leucocrata, equigranuda localmente porfídica, constituida por cuarzo, plagioclasa y anfíbol (hornblenda verde). La biotita y feldespatos potásicos son accesorios. Diques de potencia máxima métrica y de composición dacítica a andesítica recortan localmente la tonalita (Foto 36) y arman generalmente pequeños relieves. A nivel local (río Artibonito a nivel de Ravinzal), se observa una débil orientación preferencial magmática. Esencialmente está marcada por el alargamiento preferencial de los enclaves perpendicularmente a una familia de juntas abiertas con relleno de material felsítico. Por otro lado se nota una frecuente epidotización de las juntas asociada al desarrollo de un pequeño halo de alteración pervasiva en el seno de la tonalita.

El estudio de las láminas delgadas muestra que apatito, rutilo, circón, esfena y magnetita constituyen los minerales accesorios. Además de la alteración meteórica, existe una alteración hidrotermal débil a media con el desarrollo de anfíboles secundarias, epidota, clorita y carbonatos (propilitización).

Esta facies es muy parecida a la tonalita del batolito de Loma Cabrera y podría representar la expresión apical de este batolito. La ventana de edades radiogénicas retenidas por las tonalitas del batolito de Loma Cabrera va de 80 y 88 Ma mientras que una dacita datada por  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  sobre hornblenda tomada en la región de Restauración dió una edad de  $81.2 \pm 8.2$  Ma (Jiménez y Lewis, inédito). Estas edades no son exclusivas y muestran que la tonalita estudiada podría representar las raíces plutónicas del volcanismo de la Fm Tireo.

#### **3.1.4. Microdioritas - Microgabros (02)**

Cuatro pequeños cuerpos aislados de 1 km<sup>2</sup> o menos, de composición microdiorítica (a menudo cuarcítica) a microgabroídica, intruyen diferentes unidades de la Fm Tireo. Representan menos del 1% de la superficie cartografiada. Esta facies, siempre alterada, aflora muy mal. Salvo en la muestra 01GS9151 con clinopiróxeno y plagioclasa localmente preservados, una intensa alteración, con clorita, epidota, cuarzo, carbonatos y opacos, oblitera completamente la paragénesis primaria.

Estos microdioritas-micorgabros podrían corresponder a facies más máficos de borde de las tonalitas.

### **3.1.5. Diques máficos (04)**

Los diques de metabasaltos doleríticos, raramente micrograbros, son de color oscuro, verde a azul, con textura afanítica, localmente porfídica. Cortan la tonalita y localmente las tobas andesíticas.

Al microscopio, la mineralogía de los diques doleríticos está formada por plagioclasa, piróxeno y/o hornblenda (a veces, no se pueden distinguir los diferentes ferromagnesianos), en una matriz afanítica con microlitos de plagioclasa y óxidos de Fe-Ti. Los ferromagnesianos primitivos están reemplazados por agregados de clorita, sericita y anfíbol (tremolita-actinolita). También se observan rellenos de calcita y clorita.

Como al afloramiento, no se nota una deformación y las rocas se clasifican como doleritas con textura ofítica. La alteración hidrotermal es responsable del relleno de las vesículas o pequeños huecos.

### **3.1.6. Diques félsicos (05)**

Los diques félsicos son de color beige muy claro, de potencia decimétrica a métrica, con una textura en general afanítica en la cual sólo se notan algunos raros feldespatos y/o cuarzos globulares. Arman pequeñas crestas en la tonalita.

Al microscopio, los raros fenocristales de cuarzo y plagioclasa están inmersos en una matriz muy finamente cristalizada cuyos minerales magmáticos son cuarzo y plagioclasa. No se observan ningunos ferromagnesianos magmáticos.

La composición es dacítica a riolítica.

La alteración es frecuente y se caracteriza por el desarrollo de sericita, constituyente predominante de la matriz, y epidota.

### **3.1.7. Rocas ultrabásicas (serpentinizadas) (01)**

Las rocas ultrabásicas serpentinizadas sólo afloran en tres pequeños sectores limitados al N de la Hoja de Restauración. Representan a penas el 0.3% de la superficie cartografiada pero tienen una gran importancia porque subrayan en particular los accidentes principales de la zona de falla regional Macutico-Burende (Fig. 33).

Se trata de serpentinitas que forman pequeños relieves. La roca es muy oscura a menudo azulada, fuertemente deformada de manera dúctil y frágil, con espejos de fallas estriados

distribuidos de forma aleatoria (Foto 37). La alteración laterítica forma con frecuencia un nivel arcilloso rojo oscuro que se distingue de los otros niveles arcillosos por la intensidad de su color (Foto 38).

Los datos aeromagnéticos (Fig. 5), al contrario de lo esperado, no permiten detectar estas rocas ultrabásicas muy magnéticas; probablemente debido a la extensión limitada, tanto al afloramiento como en profundidad, de estos lentejones.



*Foto 37 - Cantera de materiales en rocas ultrabásicas próxima a Los Cerezos (Lat= 19,32829; Long=-71,62663)*

*Foto 38 - Roca ultrabásicas serpentinizada y afectada por laterización (Lat= 19,33051 ; Long=-71,60171)*

Una muestra (01GS9155) proveniente de la cantera de árido próxima a Los Cerezos (Foto 37), muestra una composición de harzburgita con olivino, ortopiroxeno y rara plagioclasa, flogopita y opacos. Kesler y Speck (1973), los primeros a cartografiar estos afloramientos, describen cumulados duníticos.

La interpretación y la edad de estas rocas ultrabásicas (UB) continúan siendo problemáticas. Se trata o bien de jirones de rocas UB genéticamente vinculadas al complejo Duarte-roca UB como la interpretó Draper et al. (1996) y levantadas a lo largo de fallas crustales, o bien de rocas UB en relación con la base de la formación de arco Tireo. No es posible concluir a este estado de investigación.

### **3.2. GEOQUÍMICA**

Para la realización del presente estudio geoquímico en el Proyecto K, se recogieron muestras representativas de cada unidad geológica, macizo o evento ígneo con el objeto de realizar su caracterización geoquímica, establecer una mejor estratigrafía de la zona y proponer su probable entorno tectonomagmático de formación.

Después de una presentación de las técnicas analíticas utilizadas, cada conjunto litotectónico presente en la hoja se describirá en términos geoquímicos. Para un mejor

entendimiento, se utilizará la totalidad de las muestras del proyecto K y no solamente las de la hoja.

### 3.2.1. Técnicas Analíticas y método de trabajo

Las muestras fueron inicialmente machacadas, cuarteadas a 250 grs y pulverizadas en un molino de ágata hasta que el 95% de la muestra pasara por la malla 150 (106 micras), en los talleres del Departamento de Petrología y Geoquímica de la Universidad Complutense de Madrid. El polvo fue enviado para proceder a el análisis químico de elementos mayores, traza y tierras raras a *ACME Laboratories* (Vancouver, Canada). Los elementos (y límites de detección) analizados por ICP (*inductively coupled plasma*) mediante fusión con  $\text{LiBO}_2$  fueron:  $\text{SiO}_2$  (0.02%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (0.03%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (0.04%),  $\text{CaO}$  (0.01%),  $\text{MgO}$  (0.01%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (0.01%),  $\text{K}_2\text{O}$  (0.04%),  $\text{MnO}$  (0.01%),  $\text{TiO}_2$  (0.01%),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0.01%),  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (0.001%), LOI (0.1%), C (0.01%), S (0.01%), Ba (5 ppm), Ni (30 ppm), Sc (1 ppm), Sr (10 ppm), Y (10 ppm) y Zr (10 ppm). Los elementos (y límites de detección) analizados por ICP-MS (*inductively coupled plasma mass spectrometry*) mediante fusión con  $\text{LiBO}_2$  fueron:  $\text{Ag}^*$  (0.1 ppm),  $\text{As}^*$  (1 ppm),  $\text{Au}^*$  (0.5 ppb), Ba (0.5 ppm),  $\text{Bi}^*$  (0.1 ppm),  $\text{Cd}^*$  (0.1 ppm), Co (0.5 ppm), Cs (0.1 ppm),  $\text{Cu}^*$  (0.1 ppm), Ga (0.5 ppm), Hf (0.5 ppm), Hg (0.1 ppm),  $\text{Mo}^*$  (0.1 ppm), Nb (0.5 ppm),  $\text{Ni}^*$  (0.1 ppm),  $\text{Pb}^*$  (0.1 ppm), Rb (0.5 ppm),  $\text{Sb}^*$  (0.1 ppm), Se (0.5 ppm), Sn (1 ppm), Sr (0.5 ppm), Ta (0.1 ppm), Th (0.1 ppm),  $\text{Tl}^*$  (0.1 ppm), U (0.1 ppm), V (5 ppm), W (0.1 ppm), Y (0.1 ppm),  $\text{Zn}^*$  (1 ppm), Zr (0.5 ppm), La (0.5 ppm), Ce (0.5 ppm), Pr (0.02 ppm), Nd (0.4 ppm), Sm (0.1 ppm), Eu (0.05 ppm), Gd (0.05 ppm), Tb (0.01 ppm), Dy (0.05 ppm), Ho (0.05 ppm), Er (0.05 ppm), Tm (0.05 ppm), Yb (0.05 ppm) y Lu (0.01 ppm). Los metales de base y preciosos señalados con un (\*) fueron determinados a partir de una digestión en agua regia. El error analítico fue determinado comparando los análisis con otros realizados en una roca patrón.

El Fe procedente de los análisis fue  $\text{Fe}_2\text{O}_{3t}$  (Fe total como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), por lo que fue recalculado como  $\text{Fe}_2\text{O}_{3t} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} \times 1,11135$  y  $\text{FeO}_{\text{calc}} = \text{FeO} / (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ . Los análisis de todas las muestras fueron recalculadas a una base anhidra, si la suma de los elementos mayores ( $\text{SiO}_2$  a  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) fue <99,98%. El número de Mg (Mg#), fue calculado como  $100 \cdot \text{mol MgO} / (\text{mol MgO} + \text{mol FeO}_t)$ , donde  $\text{FeO} = 0.8 \times \text{Fe}_2\text{O}_{3t}$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,2 \times \text{Fe}_2\text{O}_{3t}$ . Las composiciones de referencia utilizadas para la condrita, el manto primordial, y los basaltos promedio N-MORB, E-MORB y OIB son las propuestas por Sun y MacDonough (1989).

Gran parte de las rocas volcánicas y plutónicas estudiadas han experimentado procesos de alteración tardi- y post-magmática, así como un metamorfismo de baja-T en condiciones propias de la facies de los esquistos y subesquistos verdes, que han modificado las concentraciones primarias de varios elementos mayores y traza. Por ejemplo, en el diagrama  $K_2O+Na_2O$  versus  $K_2O/(K_2O+Na_2O)$  de Hughes (1973), que puede ser utilizado para visualizar rocas espilitizadas o que han sufrido un metasomatismo potásico, muchas de las rocas caen fuera del campo de los basaltos “normales” inalterados. También, resulta frecuente que las tobas muestreadas hayan experimentado un metasomatismo potásico. Por otro lado, algunos elementos mayores (Si, K, Na y Ca) y trazas (Cs, Rb, Ba y Sr) son movilizados fácilmente durante la deformación y el metamorfismo. Por lo tanto, la interpretación geoquímica basada en estos elementos plantea muchas incertidumbres y puede ser fuente de errores en la interpretación. Sin embargo, resulta improbable que los relativamente altos Mg# obtenidos se atribuyan a procesos post-magmáticos, ya que la relación MgO/FeO ha sido demostrado que no cambia significativamente durante la alteración espilitica en el fondo oceánico (Humphris & Thompson, 1978) y los Mg# obtenidos deben por tanto reflejar los procesos ígneos primarios. También, muchos investigadores concluyen que los *high field strength elements* (HFSE: Nb, Ta, Y, Zr, Hf, TiO<sub>2</sub>), el Th, los elementos de transición (Cr, Ni, V, Sc) y las tierras raras (*rare earth elements*; REE), resultan ser esencialmente inmóviles en un amplio rango de condiciones metamórficas (Pearce, 1975; Ludden *et al.*, 1982). En este trabajo, por lo tanto, la clasificación de las rocas ígneas estudiadas, su asignación a determinadas series magmáticas, la interpretación petrogenética y el establecimiento de un posible entorno tectonomagmático de formación, están basadas en las variaciones de estos elementos.

Con el fin de caracterizar geoquímicamente los diferentes grupos de rocas se utilizaron diagramas extendidos de REE normalizados respecto al manto primordial (Sun & McDonough, 1989), que proporcionan un método para comparar estas rocas entre sí y respecto a otros tipos de rocas similares. Estos diagramas proporcionan también información sobre los procesos petrogenéticos que han tenido lugar, ya que la concentración de elementos traza y REE (ordenados en un orden de incompatibilidad decreciente con respecto a la lherzolita) cambia de forma predecible durante los procesos de fusión y cristalización fraccionada.

La caracterización geoquímica de las diferentes unidades geológicas y formaciones litoestratigráficas en el Proyecto K, revela la existencia de una gran variación tanto en la

abundancia de elementos traza como en el tipo resultante de diagrama de REE extendido, incluso entre rocas con un grado similar de fraccionación (o de Mg#). En una primera aproximación, las rocas pueden agruparse según un origen relacionado con un magmatismo de arco o no relacionado con procesos de subducción, en base a la presencia o no de una anomalía negativa de Nb (y de Ta). Como las tierras raras pesadas (HREE) y los HFSE (Ti, Zr, Hf, Ta y Nb) no resultan afectados por el componente subductivo en los magmas de arco (Pearce & Peate, 1995), estos elementos pueden ser utilizados como guía de la composición del manto del cual derivaron las rocas magmáticas estudiadas. En los diagramas extendidos de REE, la pendiente negativa de los HFSE aumenta con el grado de empobrecimiento del manto y la abundancia de las HREE (a grados equivalentes de fraccionación) refleja cuantitativamente el grado de fusión parcial. Estos aspectos importantes de los diagramas de REE extendidos quedan reflejados en relaciones de elementos trazas normalizados respecto al manto primordial: la relación  $(Zr/Sm)_N$  refleja la naturaleza de la anomalía del Zr (y Hf) y la relación  $(La/Yb)_N$  el grado de enriquecimiento o empobrecimiento en las tierras raras ligeras (LREE). Valores bajos de ambas relaciones indican una fuente mantélica más empobrecida, previamente al metasomatismo en el manto relacionado con los procesos de subducción. El Mg# y el contenido en  $TiO_2$  proporcionan también información cuantitativa sobre el grado de fraccionación y empobrecimiento de la fuente, respectivamente, excepto cuando las anomalías positiva o negativa del Ti en el diagrama extendido de REE indica que el contenido en Ti ha sido afectado por procesos de fraccionación cristalina.

La relación de muestras estudiadas de cada episodio, junto con algunos parámetros geoquímicos, están disponibles en los informes correspondientes (Escuder Viruete, 2004b).

### 3.2.2. Formación Tireo

Lewis et al. (2002) reconocen un quimismo calcoalcalino para la Fm Tireo, sugiriendo que su posición en la Cordillera Central representa el eje de la actividad magmática ligada al estadio de arco Cretácico Superior-Eoceno.

Las rocas estudiadas de la Formación Tireo en este trabajo proceden de las Hojas de Jicomé, Loma de Cabrera, Restauración, Santiago Rodríguez, Monción, Diferencia y Lamedero, así como datos propios inéditos de la región de Jarabacoa.

Los trabajos cartográficos, litológicos, petrológicos y geoquímicos realizados en el marco del presente Proyecto han también permitido integrar el C. Dajabón de Draper y Lewis (1991),



atribuido por esos autores al C. Duarte, dentro de la Fm Tireo, ya que se trata de un conjunto de rocas metamórficas litológica y geoquímicamente equivalente. Mientras tanto, la descripción geoquímica de estas rocas solo se encuentra en la memoria de la hoja de Dajabón.

Los tipos litológicos muestreados cubren toda la variación composicional observada en la Formación, desde términos básicos a los ácidos e incluyendo muestras de lavas poco o nada porfídicas, cantos de tobas y brechas monogénicas, así como diques y filones intrusivos subvolcánicos. Por otro lado, las rocas de la Fm. Tireo aparecen en la zona estudiada variablemente alteradas, deformadas y metamorizadas, encontrándose desde rocas volcánicas indeformadas que conservan tanto la mineralogía como las texturas ígneas, hasta rocas fuertemente deformadas y metamorizadas en condiciones de la facies de los subesquistos verdes, esquistos verdes y anfibolíticas de baja-P (corneanas anfibólicas y piroxénicas). Las alteraciones sin- y tardi-magmáticas son generalmente de tipo hidrotermal y consisten en una variable propilitización, sericitización y silicificación. Por lo tanto, algunos elementos mayores (Si, K, Na y Ca) y trazas (Cs, Rb, Ba y Sr) han podido ser movilizados, debiendo ser tenido en cuenta en las interpretaciones geoquímicas.

Las rocas de la Fm. Tireo presentan una composición de elementos mayores en un diagrama catiónico de Jensen (1976), que gradúa entre desde términos de basaltos ricos en Fe a andesitas, dacitas y riolitas toleíticas, con alguna composición de komatiita basáltica y de basalto calco-alcalino (Fig. 10). Sin embargo, en base a los contenidos de elementos mayores y trazas, existe una gran diversidad composicional en las rocas de la Fm. Tireo. Dentro de la Formación se han identificado 2 series de rocas ígneas (Escuder Viruete, 2004b): rocas relacionadas con un magmatismo de arco y los basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte de afinidad OIB, que se describen en otro apartado. En la serie ígnea de arco se distinguen los siguientes tipos composicionales: toleitas de arco isla (IAT) "normales", toleitas de arco isla pobres en Ti y LREE, rocas de afinidad boninítica; intrusivos dacíticos y tonalíticos; y andesitas, dacitas y riolitas de afinidad calcoalcalina.

Las rocas ígneas de arco gradúan en un diagrama Nb/Y *versus* Zr/TiO<sub>2</sub> (Winchester & Floyd, 1977) entre escasos términos de basaltos y basaltos andesíticos a andesitas y riolitas, compatible con su composición de elementos mayores (Fig. 10). En los diagramas Yb *versus* Th y Zr *versus* Y (Barrett & MacLean, 1999) estas rocas presentan una doble afinidad toleítica y calcoalcalina, y en el diagrama Ti/1000 *versus* V de Shervais (1982) caen en el campo de las toleitas de arco y en el de los basaltos calco-alcalinos, con incluso en algunas

rocas relaciones Ti/V inferiores a la condrita (<10). En el diagrama Ta/Yb *versus* Th/Yb de Pearce (1983; Fig. 15) las rocas de arco evolucionan composicionalmente desde una afinidad toleítica a calcoalcalina y a shoshonítica, registrando la evolución de los magmas emitidos con el tiempo.

En la Fig. 11 se muestra la variación de algunos óxidos y elementos traza seleccionados respecto al SiO<sub>2</sub> y MgO (% en peso) en las rocas de la Fm. Tireo. Como se muestra en la figura, las rocas presentan contenidos pobres en K y, los términos más diferenciados, medios en K, para contenidos en TiO<sub>2</sub><0,8%, generalmente. Un aumento en el V y TiO<sub>2</sub> con el descenso en el Mg# en las rocas menos fraccionadas sugiere una afinidad toleítica para estas rocas, aunque en las muestras más fraccionadas el TiO<sub>2</sub> desciende con el Mg#, lo cual es típico de la serie calco-alcalina. Con el aumento en SiO<sub>2</sub>, desciende el Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, TiO<sub>2</sub> y CaO; y con el descenso en MgO también desciende el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ni y V. Estas tendencias son compatibles con la cristalización fraccionada de la plagioclasa, fases máficas como olivino y clinopiroxeno, y los óxidos de Fe-Ti. La fraccionación de la plagioclasa se refleja también en un descenso de la relación CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con el aumento en SiO<sub>2</sub> (Fig. 14). Respecto a ciertos HFSE (Y, Zr) y elementos de transición (Ni, V), considerados esencialmente inmóviles en un amplio rango de condiciones metamórficas (Pearce, 1975; Ludden *et al.*, 1982), con el descenso en el MgO se registra un aumento y un descenso, respectivamente, probablemente controlados por procesos de fusión parcial y fraccionación. La gran dispersión que muestran los elementos incompatibles Zr y Y a un constante MgO (o similar Mg#), sugiere la presencia de rocas de diferentes series magmáticas.

### 3.2.2.1. Toleitas de arco isla “normales”

El grupo de toleitas de arco isla “normales” (IAT) está representado por basaltos andesíticos y andesitas ricas en Mg, relativamente poco fraccionadas (Mg# de 60 a 56). Los contenidos en TiO<sub>2</sub> (<0,3%) y Th (<0,3 ppm) son bajos. En un diagrama de elementos traza normalizado respecto a N-MORB (Fig. 12), presentan el enriquecimiento en LREE, empobrecimiento en HFSE y HREE, y anomalía negativa en Nb-Ta, característicos de magmas de zonas de subducción. En un diagrama extendido de REE normalizado respecto al manto primordial (Fig. 13), las rocas de este grupo son muy semejantes a las IAT modernas de similar abundancia en HREE (1,5-5 x manto primitivo). Presentan un ligero enriquecimiento en LREE [(La/Yb)<sub>N</sub>=2,0-4,1], una pronunciada anomalía negativa en Nb y Ti, y una ligera anomalía también en Zr, con HREE planas o con una muy ligera pendiente negativa. Estas características sugieren una fuente mantélica empobrecida para los magmas, aunque no tan

empobrecida como la de las toleitas pobres en Ti, a similares grados de fusión parcial. Las facies de diques de basaltos andesíticos y andesitas presentan un similar patrón de REE (Fig. 14).

#### 3.2.2.2. Toleitas de arco isla pobres en Ti

El grupo de toleitas de arco isla pobres en Ti y, en ocasiones, también en LREE, incluye composiciones de basaltos picríticos, basaltos y basaltos andesíticos ricos en Mg (>7%), algunos con afinidad boninitica (FC9068B, MJ9208). Se trata de toleitas de arco isla (IAT) que incluyen las composiciones menos fraccionadas de la Fm. Tireo (Mg# >60). En un diagrama extendido de REE (Fig. 13) normalizado al manto primordial, las rocas de este grupo muestran REE planas o con un ligero empobrecimiento en LREE [(La/Yb)<sub>N</sub>=0,8-1,2; promedio de 0,94]. Algunas muestras definen una anomalía negativa en Nb y en algún caso también de Ti. Los contenidos en TiO<sub>2</sub> son bajos (<1,0%), generalmente <0,4%, así como en Th (<0,5), para abundancias absolutas de HREE de 3,8-7,5 x manto primitivo. Los valores bajos del TiO<sub>2</sub> y de HREE para altos Mg#, visibles en el diagrama multielemental de la Fig. 12, sugieren una fuente mantélica empobrecida y un grado relativamente alto de fusión parcial.

#### 3.2.2.3. Rocas de afinidad boninitica

Dentro de las IAT se incluyen tipos composicionales con SiO<sub>2</sub>>53%, MgO>7-8% y TiO<sub>2</sub><0,5 (MJ9208, JE9013, FC9101 y MJ9134), que caen dentro de la definición de boninitas de Crawford (1989) y que, además, suelen presentar los contenidos más bajos en HREE (1,4-2,4 x manto primitivo). Estas rocas de afinidad boninitica suelen presentar un ligero enriquecimiento en LREE [(La/Yb)<sub>N</sub>=2,1-4,2] y anomalías negativas en Nb, Zr y Ti. La baja relación CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,6 a 1,1) y abundancia en HREE son compatibles con una fuente mantélica dominada por harzburgitas fuertemente empobrecidas.

#### 3.2.2.4. Andesitas, dacitas y riolitas calcoalcalinas

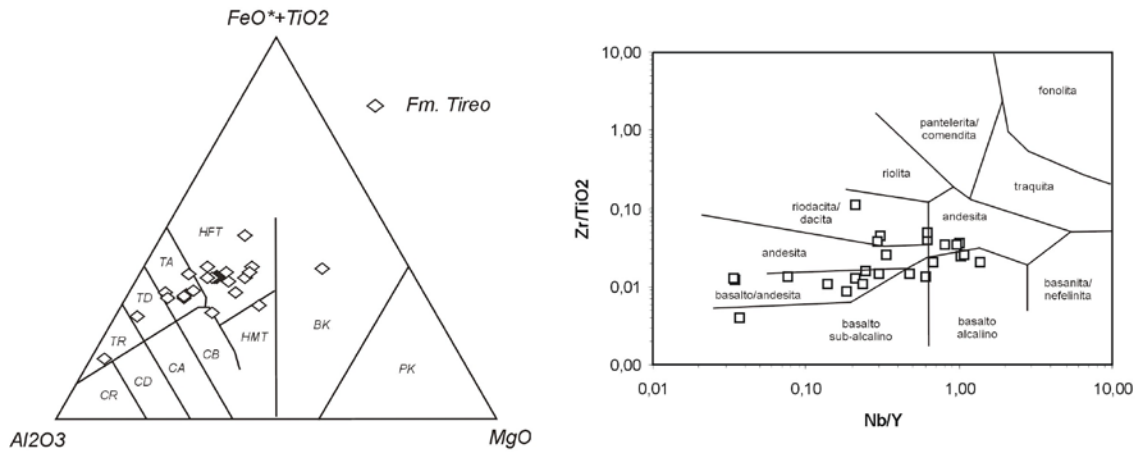
Las rocas volcánicas de afinidad calcoalcalina incluyen composiciones esencialmente dacíticas y riolíticas, de moderada a muy fraccionadas (Mg#=54-32), incluyendo también algunas andesitas y andesitas ricas en Mg. Dentro de la Fm. Tireo constituyen volumétricamente el grupo más importante, aflorando extensamente en la Hoja de Restauración. En la serie magmática el SiO<sub>2</sub> oscila entre 60 y 77%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 3,6 y 6,8% y el MgO entre 1,6 y 5,8% (6-8% en las andesitas ricas en MgO), para contenidos en TiO<sub>2</sub><1,0% (0,81 de promedio). El contenido en K<sub>2</sub>O gradúa entre 0,2 y 2,5%, definiendo una

serie de bajo/medio-K (Gill, 1981) que sigue una tendencia de evolución entre toleítica y calco-alcalina. Los contenidos en álcalis son altos (entre 3,2 y 6,6%). En los diagramas Yb-Th, Zr-Yb, y Ta/Yb-Th/Yb caen dentro de los campos calco-alcalino y shoshonítico.

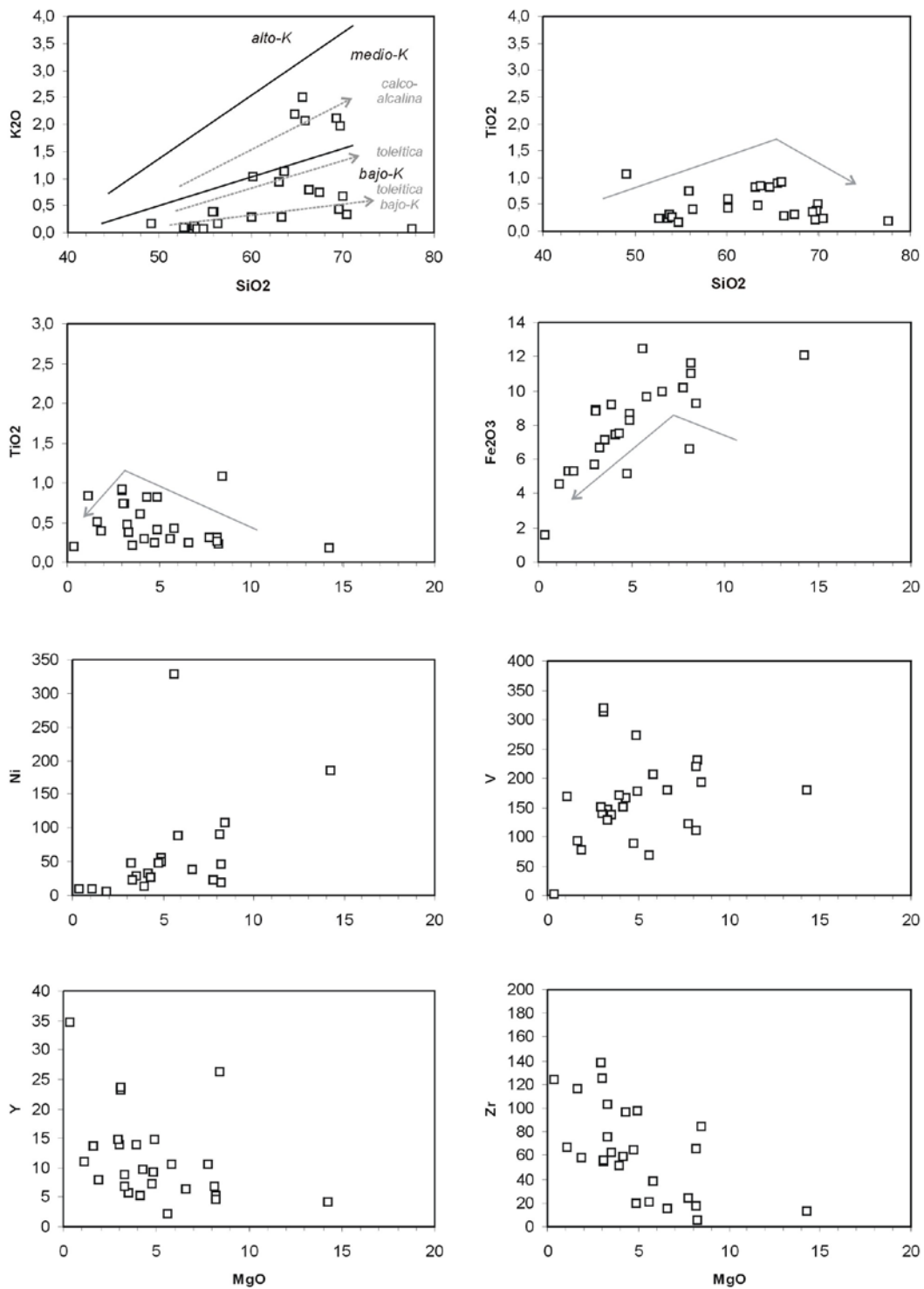
En diagramas de elementos traza normalizado respecto a N-MORB (Fig. 12), las rocas de este grupo presentan el moderado a fuerte enriquecimiento en LREE característico de las rocas ácidas calco-alcalinas y contenidos relativamente bajos en HFSE y REE, con anomalía negativa en Nb-Ta y en Th. Sin embargo, los álcalis y LILE se presentan en abundancias muy variables como resultado de su movilidad por procesos de alteración y metamorfismo. En un diagrama extendido de REE (Fig. 13) las rocas de este grupo se caracterizan por presentar un perfil de pendiente negativa, un marcado enriquecimiento en Th y LREE, y anomalías negativas en Nb y Ti. Estas características son típicas de rocas relacionadas con subducción. Presentan valores muy variables de la relación  $(La/Yb)_N=3,3-16$ , que generalmente aumenta con la diferenciación y contenidos en HREE que definen una moderada a fuerte pendiente negativa, que no está presente en las IAT. Los diques dacíticos intrusivos en la Fm. Tireo presentan un patrón similar de REE (Fig. 14).

Las características de estas rocas sugiere la fusión de una fuente mantélica relativamente menos empobrecida que en los grupos anteriores (más próxima a la de un N-MORB) y en la que las mayores relaciones Nb/Yb y Zr/Yb sugieren una mayor componente subductiva en su formación. Sin embargo, los rangos de HREE y su pendiente negativa, difiere de la distribución de HREE plana de las rocas calco-alcalinas, sugiriendo que el granate y/o la hornblenda son las principales fases residuales. Estas características, junto a una alta relación La/Yb, con  $Yb \leq 1,8$  e  $Y \leq 18$  ppm, son típicos de magmas adakíticos (Defant & Drummond, 1990; Sigmarsson *et al.*, 1998; Martin, 1999). Por lo tanto, algunas rocas volcánicas intermedias a ácidas de la Fm. Tireo pueden ser resultado de la fusión de corteza oceánica subducida recién formada (todavía caliente).

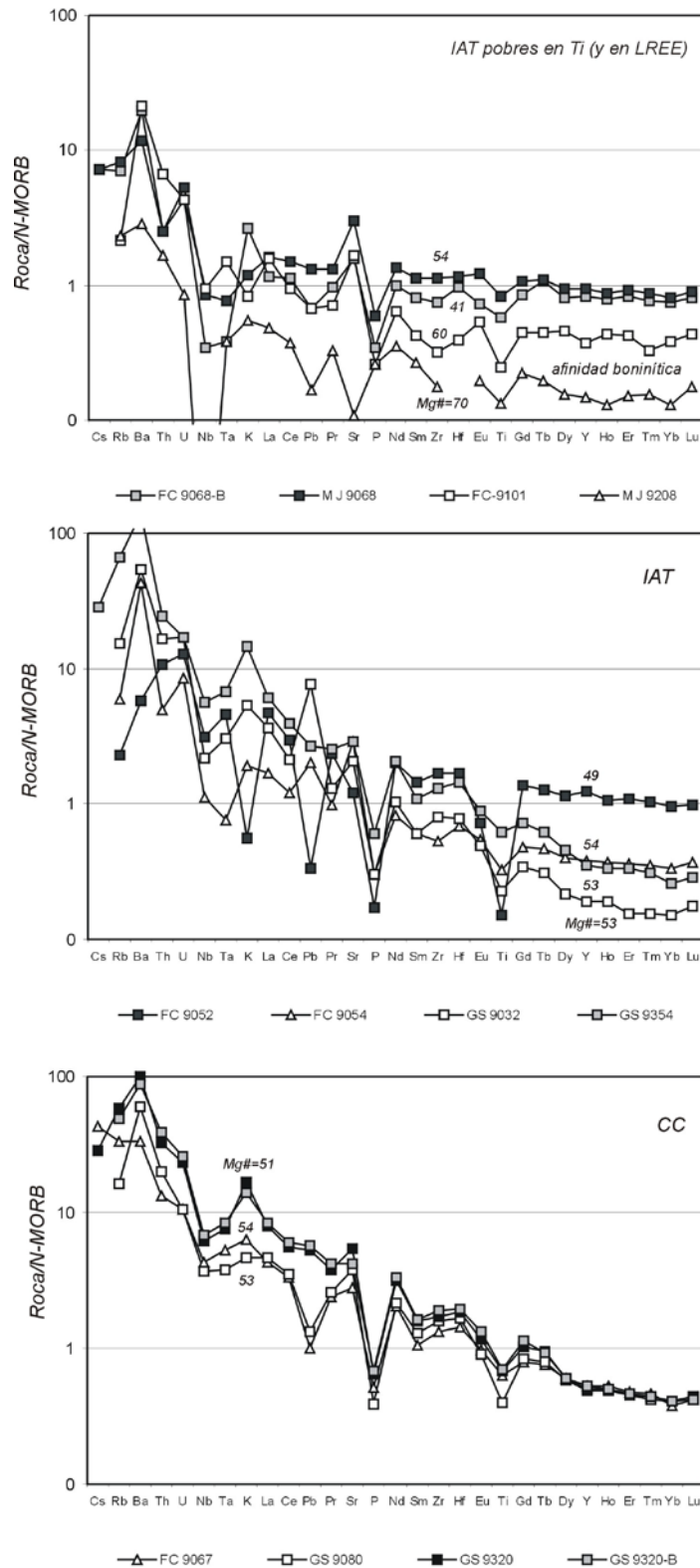
En resumen, los diversas series geoquímicas de rocas básicas, intermedias y ácidas identificadas en la Fm. Tireo, se relacionan el magmatismo toleítico de los primeros estadios de la formación de un arco magmático, incluyendo adakitas producto de la fusión de rocas básicas subducidas, y con su evolución posterior hacia magmas calco-alcalinos a lo largo del Cretácico Superior.



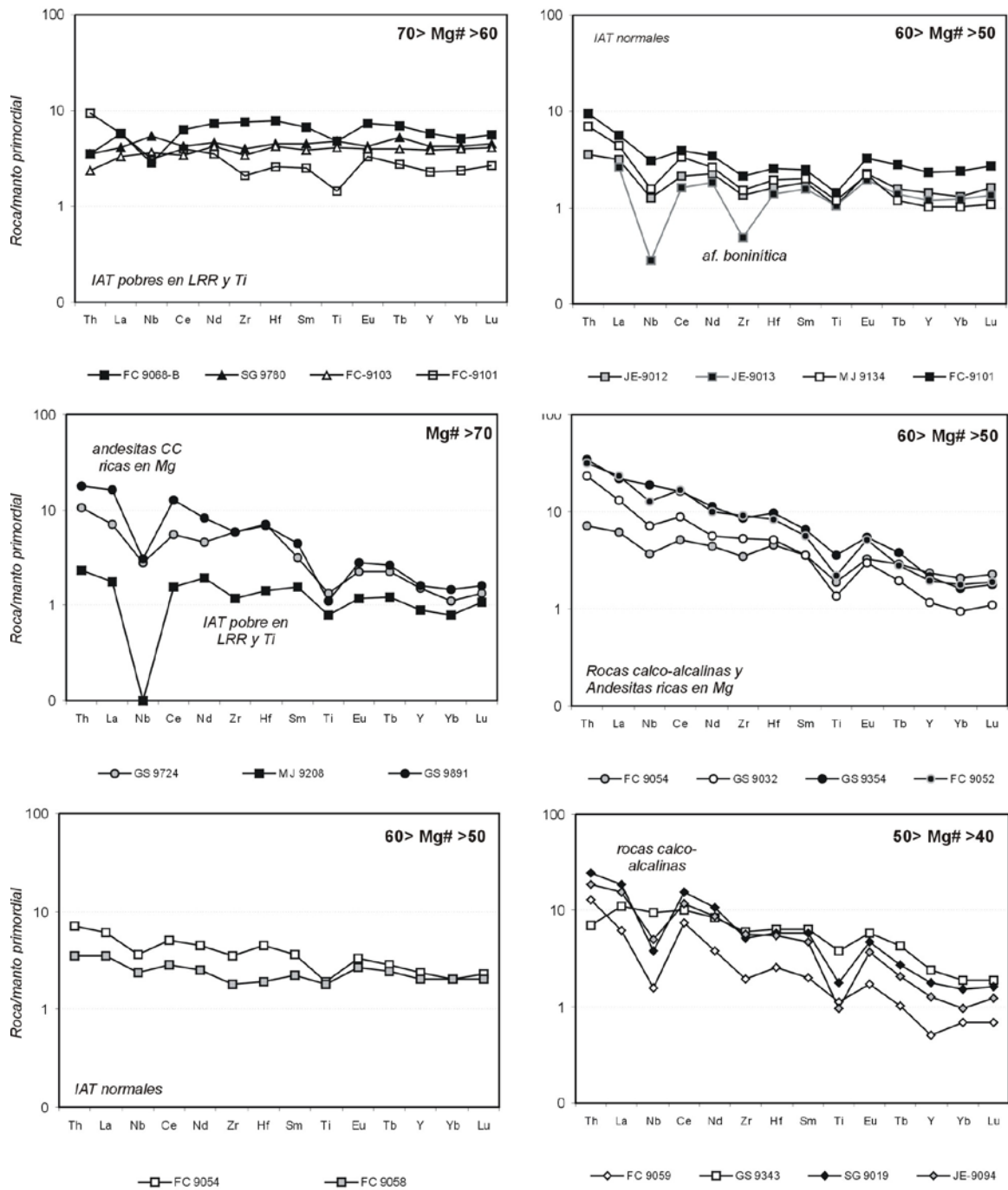
**Fig. 10 - Proyección de las rocas estudiadas de la Fm. Tiro en los diagramas catiónico de Jensen (1976) y Nb/Y versus Zr/TiO<sub>2</sub> (Winchester & Floyd, 1977).**



**Fig. 11 - Proyección de las rocas estudiadas de la Fm. Tiro en diagramas binarios frente a la SiO<sub>2</sub> y el MgO (% en peso).**

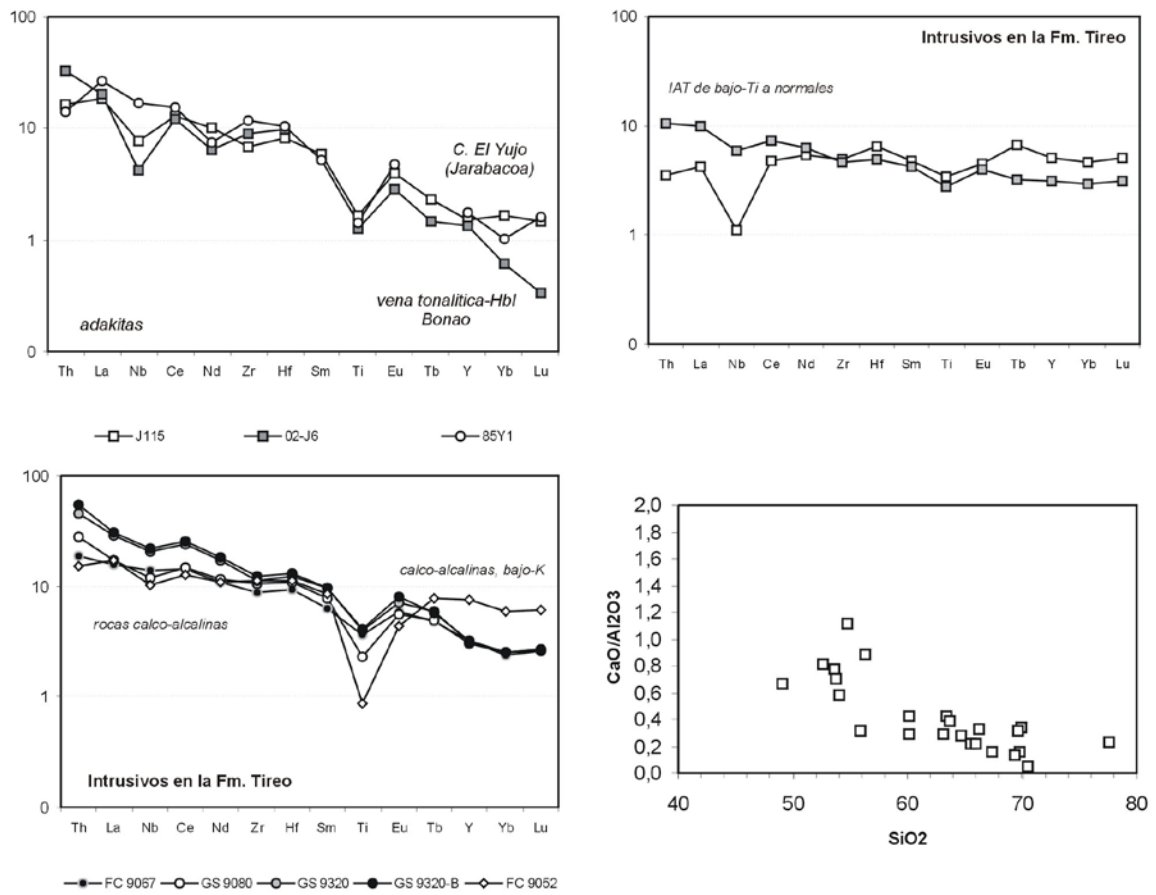


**Fig. 12 - Proyección de las rocas estudiadas de la Fm. Tiro en diagramas multielementales normalizados respecto a N-MORB.**



**Fig. 13 - Proyección de rocas representativas de la Fm. Tiro en los diagramas de REE extendidos normalizados respecto al manto primordial agrupados en función del Mg#. En los diagramas, los cuadrados negros y blancos son tipos de toleitas de arco isla (IAT) y los círculos tipos calco-alcálinos.**





**Fig. 14 - Proyección de rocas representativas de la Fm. Tiro en los diagramas de REE extendidos respecto al manto primordial agrupados en función del Mg#. En los diagramas, los cuadrados negros y blancos son tipos de toleitas de arco isla (IAT) y los círculos tipos calco-alcalinos.**

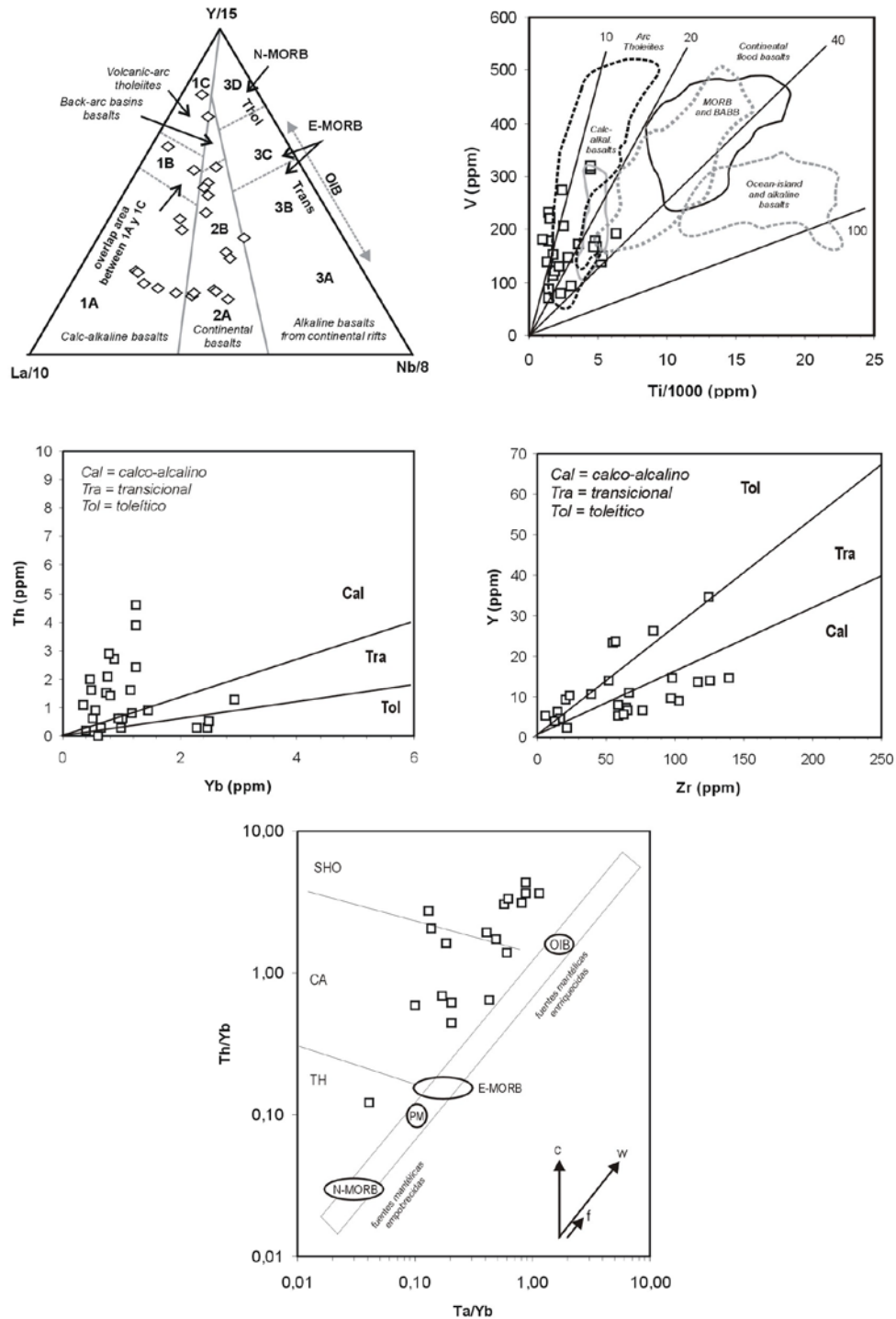


Fig. 15 - Proyección de las rocas estudiadas de la Fm. Tiro en los diagramas de discriminación paleotectónica Ti/1000-V de Shervais (1982), Zr-Y, Yb-Th, Ta/Yb-Th/Yb (Pearce *et al.*, 1984) e Y/15-La/10-Nb/8.

### 3.2.3. Batolito Loma de Cabrera

Los estudios previos sobre la petrología y geoquímica de las unidades intrusivas en la Cordillera Central y otros sectores de La Española están incluidos en los trabajos de Palmer (1963), Bowin (1966, 1975), Lewis y Kesler (1973), Kesler et al. (1977b, 1991), Feigenson (1977, 1978), Lewis (1980) y Cribb (1986). La petrogénesis de todos estos complejos intrusivos ha sido relacionada con procesos de subducción de corteza oceánica bajo la isla durante el Cretácico. Los estudios realizados en el BLC por Kesler et al. (1977b) reconocen su composición heterogénea y probablemente compuesta en origen. Feigenson (1978) realiza un estudio muy detallado de las tonalitas del sector occidental del BLC en la República Dominicana, concluyendo que las diferentes variedades de rocas tonalíticas están relacionadas con la cristalización fraccionada de plagioclasa y hornblenda a partir de un magma calco-alcalino de composición intermedia entre basalto y andesita. La baja relación  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  es consistente con la ausencia de corteza continental o fuente anatética cortical en la región, y sugiere una fuente mantélica para los magmas (Lewis, 1982).

En el presente Proyecto-K y en base a los datos de campo, petrográficos y geoquímicos de elementos mayores, trazas y REE, en el Batolito Loma de Cabrera (BLC) se han distinguido los siguientes grupos composicionales (Tabla 7, Anexo): (1) rocas ultramáficas, principalmente piroxenitas; (2) gabros y gabronoritas; (3) dioritas y cuarzo-dioritas; (4) tonalitas con hornblenda  $\pm$  biotita; (5) diques máficos sin- y tardi-magmáticos; y (6) rocas félsicas intrusivas en la Fm. Tireo relacionadas con el BLC.

En los diferentes términos composicionales del BLC, el  $\text{SiO}_2$  gradúa entre un 44% en las piroxenitas y un 76% en las venas leucotonalíticas o trondhjemiticas (Fig. 16 y Fig. 17). El contenido en  $\text{SiO}_2$  oscila entre 44 y 52% en las rocas ultrabásicas, 48 y 61% en los gabros y gabronoritas, 51 y 63% en las dioritas y cuarzodioritas, 57 y 72% (64 de promedio) en las tonalitas, 63-68% en los diques máficos, y 55-77% en los intusivos en la Fm. Tireo. El contenido en  $\text{MgO}$  de los distintos términos del BLC varía desde 36 a 0,4%. Los contenidos en  $\text{TiO}_2$  son también bajos, siendo el promedio 0,16% en las rocas ultrabásicas, 0,56% en los gabros y gabronoritas, 0,93% en las dioritas y cuarzodioritas, 0,45% en las tonalitas, 0,52% en los diques máficos, y 0,65% en los intusivos en la Fm. Tireo. La mayoría de las rocas son pobres en  $\text{K}_2\text{O}$ , clasificándose en un diagrama normativo An-Ab-Or las rocas con  $>10\%$  Qtz normativo como tonalitas y algunas como trondhjemitas. En el diagrama catiónico

de Jensen (1976), las piroxenitas caen en el campo de las peridotitas y basaltos komatiíticos; las gabro-noritas se expanden en los campos de basaltos komatiíticos y de toleitas ricas en Mg; las dioritas, cuarzo dioritas y tonalitas en los campos de las toleitas ricas en Fe y andesitas toleíticas; los diques máficos en un punto situado en el centro del diagrama; y los intrusivos en el Tireo gradúan desde composiciones de toleitas ricas en Fe hasta riolitas toleíticas (Fig. 16). En este diagrama se observa como los granitoides no caen en el campo calco-alkalino, sino en el de las rocas toleíticas, existiendo un salto composicional entre estas rocas y los gabros, noritas y piroxenitas. En el diagrama  $K_2O-SiO_2$  (Gill, 1981), las diversas litologías caen en el campo pobre en K, aunque los términos más diferenciados se extienden también en el campo de contenido medio en K. En el mismo diagrama, se han incluido también las rocas de la Fm. Tireo relacionada magmáticamente y cuya composición resulta ser muy similar.

En un diagrama de álcalis *versus* sílice (Fig. 16), el batolito se clasifica como subalkalino al igual que las rocas contemporáneas de la Fm. Tireo encajante. Las rocas del BLC parecen seguir una tendencia de diferenciación calco-alkalina, registrada en el descenso de  $Fe_2O_{3tot}$  y aumento de la relación  $FeO^*_{tot}/MgO$  con el aumento en  $SiO_2$ . Sin embargo, en un diagrama  $K_2O-Na_2O-CaO$  (Fig. 16) las rocas no siguen la tendencia típica calco-alkalina, sino que caen mejor en el campo tonalítico-trondhjemítico-dacítico, alineadas siguiendo la curva de fusión de los metabasaltos. En los diagramas de variación de la Fig. 17, las diferentes litologías del BLC (exceptuando los acumulados piroxénicos y rocas gabróicas) definen tendencias evolutivas en las que el  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $FeO^*_{tot}$ ,  $MgO$  y  $CaO$  descienden con el aumento en  $SiO_2$ ; el  $K_2O$  aumenta con el  $SiO_2$ ; y el  $Na_2O$  es constante o aumenta ligeramente con el  $SiO_2$ . Por tanto, las variaciones en los elementos mayores del BLC sugieren una secuencia evolutiva desde las rocas dioríticas a las tonalíticas más ácidas. Las tendencias de fraccionación en los diagramas log-log de Sr *versus* Rb y Ti *versus* Zr (Fig. 17), indican que la hornblenda y la plagioclasa controlaron principalmente la composición de estos términos del BLC, como ya indicaban los datos petrográficos y las conclusiones de Feigerson (1978) y Cribb (1982). Las abundancias en Sr y Ba son variables en los tipos dioríticos y tonalíticos, siendo de 253-619 ppm y 92-1100 ppm, respectivamente. Los contenidos en Y son bajos y <20 ppm, excepto dos muestras donde Y=24 y 28 ppm. El descenso en el  $TiO_2$  con el  $MgO$  y el  $SiO_2$  en las rocas más fraccionadas es típico de la serie calco-alkalina. Notar también en los diagramas como los términos más básicos de la Fm. Tireo siguen las mismas pautas evolutivas y comienzan también a  $SiO_2 \sim 50\%$ .

Los diagramas multielementales normalizados respecto al manto primordial de las rocas del BLC de las Fig. 18 y Fig. 19, muestran que los diferentes grupos presentan una abundancia similar en los elementos incompatibles, lo que establece para todas ellas una relación genética. Las piroxenitas, gabronoritas y gabros presentan contenidos muy bajos en elementos traza y REE, debido a que estas rocas constituyen cumulos de olivino y piroxenos que no retienen a estos elementos. Las principales características de rocas dioríticas y tonalíticas son el enriquecimiento de los elementos LILE (especialmente Ba y Sr) respecto a las REE y elementos HFSE (Zr, Ti, Nb, La e Y), que suelen definir anomalías negativas más o menos marcadas, las cuales son características de magmas generados en un arco. Las anomalías positivas en Ba-Pb y negativas en Nb-Ta que presentan los granitoides del BLC son típicas de las series magmáticas del arco-isla caribeño (Donnelly *et al.*, 1990).

En los diagramas multielementales normalizados respecto a N-MORB (Fig. 20 y Fig. 21), los diferentes grupos del BLC presentan en general una distribución de elementos caracterizada por una fuerte pendiente negativa, progresivamente más pronunciada desde los gabros, dioritas y diques máficos, a las tonalitas e intrusivos félsicos en la Fm. Tireo. Respecto a N-MORB, las rocas del BLC presentan un enriquecimiento en los elementos LILE (Cs, Rb, Ba y Pb), K, U y Th, junto a un empobrecimiento en P y en ciertos HFSE (Nb, Ta y Ti). Estas características geoquímicas son típicas de rocas relacionadas con subducción. Dadas las similitudes en la concentración y distribución de elementos traza (y REE), gran parte de las rocas del BLC son los equivalentes intrusivos de las rocas volcánicas de la Fm. Tireo en la que intruye.

La diferente composición mineralógica de cada grupo de rocas del BLC queda expresada en el patrón de REE extendido que presentan (Fig. 22 y Fig. 23). Excepto las piroxenitas, toda la serie presenta abundancias similares de HREE (1-10 x manto primitivo). Las piroxenitas presentan Mg# muy altos (85-70) consistentes con su naturaleza cumulado. Su contenido en Cr es muy alto (entre 200 y 4200 ppm), excepto en la JE9003 que es bajo (143 ppm), consistente con la acumulación de clinopiroxeno (o espinela), indicando el menor Mg# una mayor fraccionación. La concentración de Ni sigue las mismas pautas, al igual que el Zr que aumenta ligeramente con el Mg#. Estas rocas presentan contenidos en LREE muy bajos, por debajo del límite de detección, con anomalías positivas de Th, Zr y Ti, en ocasiones. Las anomalías de Zr y Ti pueden indicar la acumulación de los óxidos de Fe, observada en

sección delgada. Las concentraciones en Nb son muy bajas y no detectables analíticamente en estas rocas. Las HREE o son planas o presentan una ligera pendiente positiva.

En las rocas gabróicas del BLC se observan diferencias en la distribución de REE entre el macizo de Cerro Chacuey (FC9059 y FC9058), Rincón Llano en la Hoja de Santiago Rodríguez (JE9007 y JE9008) y al NE de Partido (FC9063 y FC9065). Estas rocas presentan un patrón plano de REE  $[(La/Yb)_N=1,1-2,0]$  y muy ligeras o inexistentes anomalías de Th (negativa), Nb y Ti (Fig. 22). Algunas de estas rocas poseen bajos contenidos en  $TiO_2$  (<1%) y de LREE, siendo para un similar Mg# equivalentes en composición al grupo de toleitas de arco isla del magmatismo más primitivo de la Fm. Tireo, por lo que se trataría de las facies plutónicas o subvolcánicas de dicha etapa más temprana  $[(Zr/Sm)_N=0,1-1,4]$ . Estas características sugieren una fuente mantélica empobrecida para los magmas, a similares grados de fusión parcial.

Considerados en conjunto, los gabros y gabro-noritas presentan Mg# entre 65 y 79, Cr<1000 ppm (excepto JE9008 con 2654 ppm) y Ni<100 ppm, consistentes con una baja fraccionación (Fig. 22). Se distinguen dos grupos: Mg#>70 y <70. Las rocas menos fraccionadas (Mg#>70) definen un continuo en la concentración de elementos incompatibles con las piroxenitas. Estas rocas presentan desde un empobrecimiento a un enriquecimiento en LREE  $[(La/Yb)_N<1 a 2,2]$ , para abundancias bajas en REE (0,6-10 x manto primordial), algunas por debajo del límite de detección, y HREE planas. Presentan anomalías negativas en Th (en ocasiones), Zr y Ti y positiva en Eu, indicativa de acumulación de la plagioclasa en gabros y gabro-noritas.

Aunque el Nb está presente en concentraciones por debajo del límite de detección, en las gabronoritas JE9007 y JE9008 (Santiago Rodríguez) no define una anomalía negativa (Fig. 22). Estas rocas presentan además un enriquecimiento en LREE, anomalías positivas y negativas en Zr-Hf, y un cierto empobrecimiento en HREE, sugiriendo procesos complejos en su petrogénesis que implican una componente de manto enriquecido. Los gabros algo más fraccionados con Mg#=68-65 (FC9065 y FC9063, Loma de Cabrera) muestran mayores contenidos en REE (5-9 x manto primordial), ligeras anomalías negativas en Th, Nb y Ti, un cierto enriquecimiento en LREE, y HREE planas o ligeramente empobrecidas  $[(La/Yb)_N=1,0-2,0]$ . Estos gabros hornbléndicos no tienen la anomalía negativa de Nb-Ta, característica de otros gabros, siendo su composición similar a la de basaltos E-MORB y toleitas de isla oceánica (OIT). En resumen, las rocas del conjunto gabróico-ultramáfico deben estar

genéticamente relacionadas con el magmatismo toleítico de arco más temprano, aunque también se incluyen rocas probablemente más antiguas (E-MORB/OIB), o que implican a fuentes mantélicas enriquecidas en su génesis. La inexistencia de un paralelismo en la distribución de REE entre las diversas rocas del conjunto, sugiere que no están directamente relacionadas por un simple proceso de fraccionación cristalina.

Los términos dioríticos y tonalíticos del BLC frecuentemente presentan una ligera anomalía positiva en Eu, sugiriendo una acumulación de la plagioclasa consistente con los datos petrográficos (Fig. 23). Las rocas dioríticas presentan un ligero enriquecimiento en LREE [(La/Yb)<sub>N</sub>=2,1-5,2], anomalías negativas en Nb-Ti y en Zr-Hf [(Zr/Sm)<sub>N</sub>=0,5-1,9] en ocasiones, y abundancias de HREE entre 1,9-7,2 x manto primitivo de ligera pendiente negativa. Estas rocas serían comparables a las toleitas de arco y andesitas ricas en Mg de la Fm. Tireo. Los diques máficos presentan unas características geoquímicas similares, anomalía positiva en Th y negativa en Nb-Ti, relaciones (La/Yb)<sub>N</sub>=4,3-7,5 y (Zr/Sm)<sub>N</sub>=1,5-1,9, con HREE planas o con ligera pendiente negativa. Las rocas tonalíticas presentan un ligero enriquecimiento en LREE [(La/Yb)<sub>N</sub>=3,6-12,0; 8,4 de promedio], fuerte anomalía negativa en Nb-Ti y anomalías positiva y negativa en Zr-Hf [(Zr/Sm)<sub>N</sub>=0,5-1,9; 1,4 de promedio], para abundancias de HREE entre 1,5-8,0 x manto primitivo de pendiente negativa. Estas rocas serían comparables a las dacitas y riolitas de la Fm. Tireo, así como los diques de pórfidos subvolcánicos y los intrusivos tonalíticos. Por otro lado, las intrusiones de venas y diques de tonalitas con hornblenda en el C. Duarte son equivalentes a las facies tonalíticas del BLC y a las riolitas de la base del C. El Yujo del área de Jarabacoa.

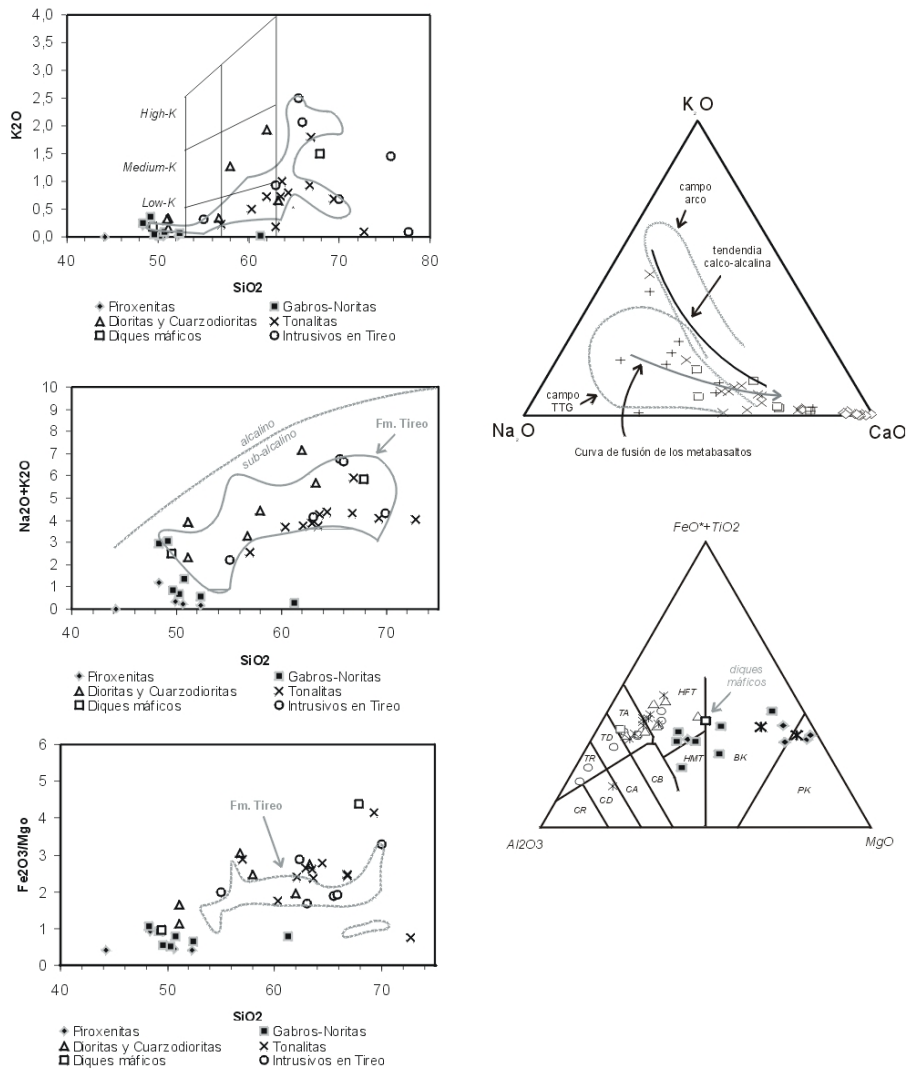
En el diagrama Ta/Yb *versus* Th/Yb de Pearce et al. (1983), las rocas del BLC definen con el aumento de SiO<sub>2</sub> una tendencia evolutiva desde el campo de las toleitas de arco isla al de las series calco-alcalina y shoshonítica (Fig. 24). Esta evolución se interpreta registra la progresiva fraccionación de los magmas y mayor madurez del arco, resultando similar a la que presenta la Fm. Tireo. En el diagrama de Shervais (1982), las rocas del BLC presentan generalmente valores de Ti/V < 20, propios de magmas de arco toleíticos y calco-alcalinos, como los de la Fm. Tireo. En el diagrama de discriminación Y-Nb de Pearce et al. (1984) las rocas del BLC caen dentro del campo de los granitos de arco volcánico (VAG).

El BLC y la Fm. Tireo son unidades ígneas contemporáneas cuya génesis debe estar relacionada. Gran parte de las rocas ígneas que forman ambas unidades pueden ser relacionadas mediante procesos de cristalización fraccionada de un magma basáltico

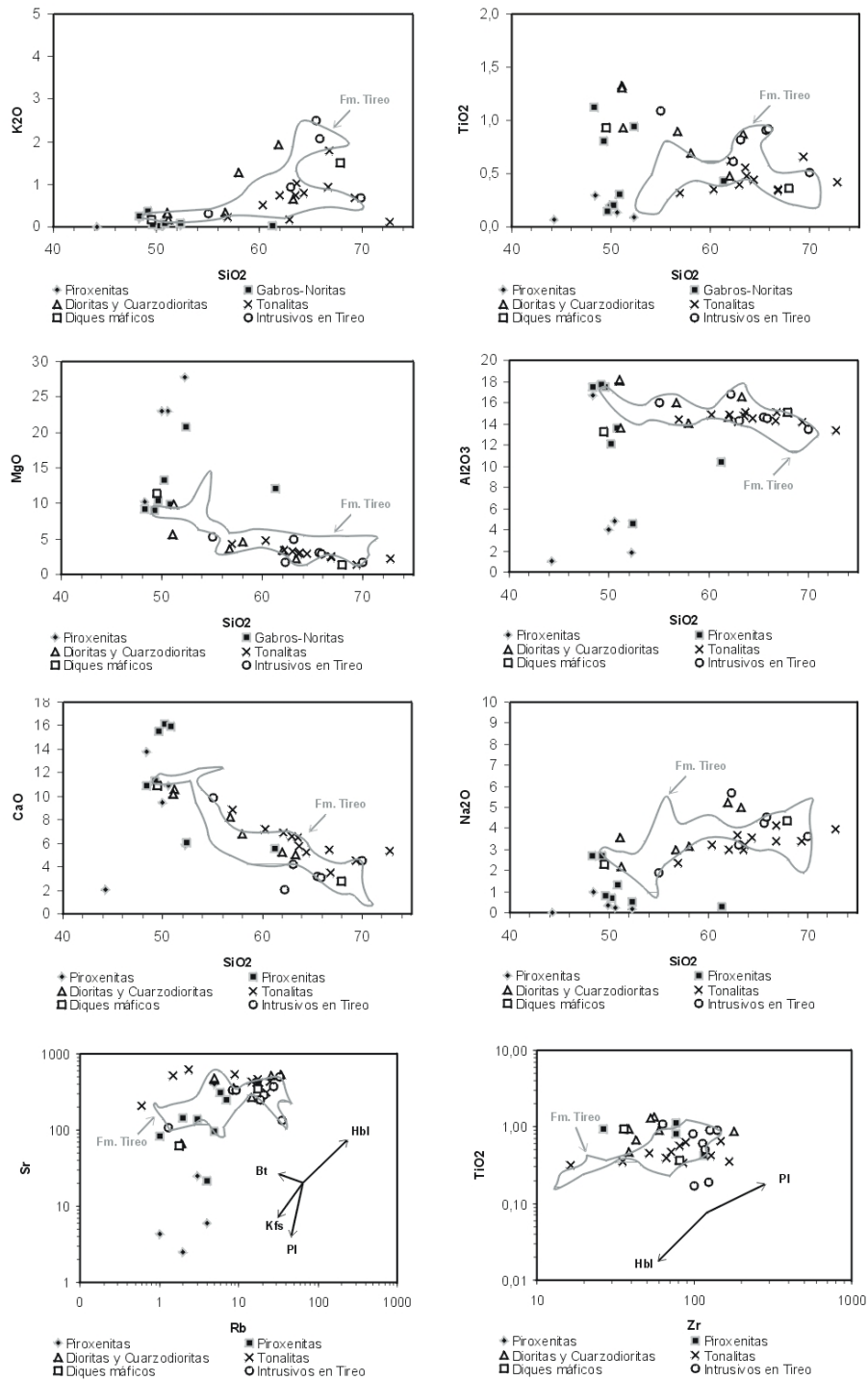
toleítico en una cámara magmática, localizada en un nivel somero de la corteza. Dada su signatura subductiva, estos fundidos basálticos fueron generados por la fusión parcial de rocas ultrabásicas en la cuña mantélica hidratada situada encima de una zona de subducción, bajo un arco magmático oceánico. La cristalización fraccionada de los fundidos en un nivel cortical más somero daría lugar a la formación de acumulados piroxénicos (y más escasos peridotíticos), gabro-noritas, gabros y dioritas con Mg-hornblenda. Durante y después de la cristalización de las dioritas con hornblenda en un nivel alto de la cámara magmática, los fundidos más ricos en sílice y mientras se van diferenciando por cristalización fraccionada, son emplazados en condiciones subvolcánicas y extruidos en superficie, originando la variedad de rocas volcánicas de la Fm. Tireo. Durante la diferenciación, que fue dominada por la cristalización de plagioclasa y hornblenda, estos fundidos pudieron asimilar material de las paredes de la cámara magmática y el magma residual cambiar progresivamente su composición mediante procesos ACF. El material asimilado probablemente fue corteza oceánica alterada de composición N-MORB y OIB (C. Duarte).

Sin embargo, las características geoquímicas de las tonalitas (y algunas cuarzo-dioríticas), su carácter híbrido con magmas máficos, el gran volumen que suponen respecto al complejo gabróico-ultramáfico y las relaciones de intrusividad en este conjunto “desde abajo”, sugieren que la variedad de rocas tonalíticas del BLC no representan los fundidos residuales producidos por la cristalización fraccionada de un magma básico. Estas características resultan compatibles con la fusión parcial de rocas fuente máficas en presencia de una cantidad variable de H<sub>2</sub>O. La fusión parcial de rocas máficas en la corteza inferior del arco magmático bajo variable  $P_{H_2O}$ , genera fundidos de composición tonalítica-trondhjemítica-granodiorítica (por ejemplo; Wolf & Wyllie, 1994; Smith *et al.*, 2003) y este proceso ha sido invocado para explicar la formación de los batolitos granitoides en numerosos arcos magmáticos (Hansen *et al.*, 2002). En el caso del BLC, la fusión de la corteza inferior del arco por *underplating basáltico* o ascenso de las isotermas del manto por procesos tectónicos contemporáneos, proporcionaría una fuente de calor y explicaría la formación de estos fundidos tonalíticos que intruyen tanto al conjunto gabróico-ultramáfico como a la Fm. Tireo. La variedad textural de rocas tonalíticas observada en el BLC resultaría de la cristalización fraccionada de predominantemente la plagioclasa y hornblenda, con alguna asimilación de las rocas encajantes e hibridación con los magmas basálticos del complejo de diques máficos.

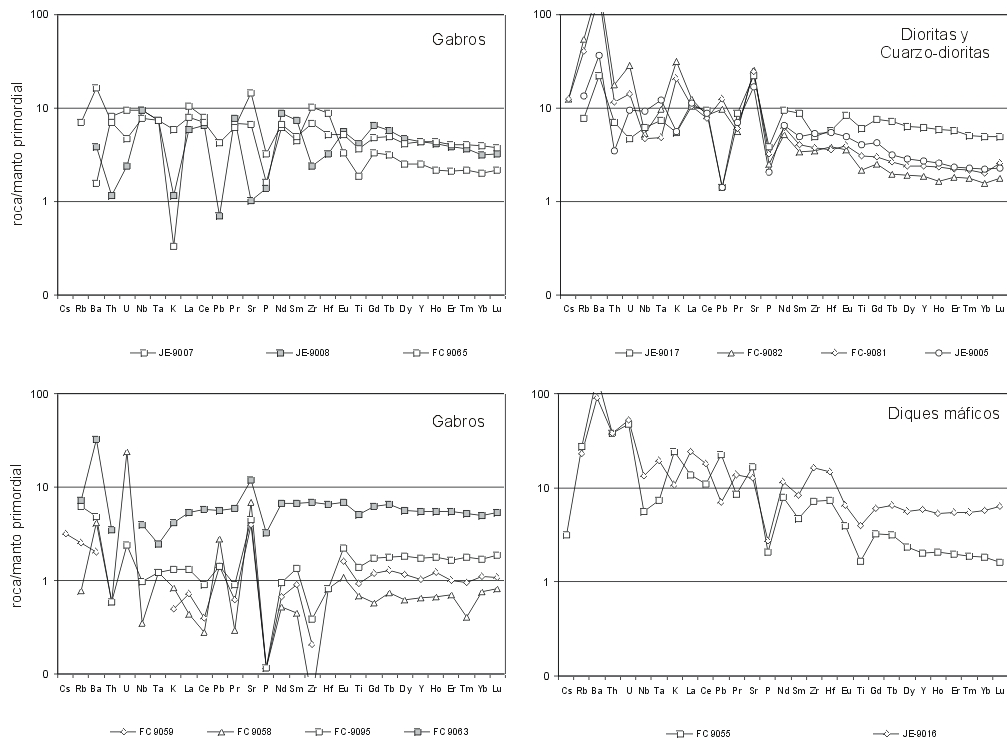




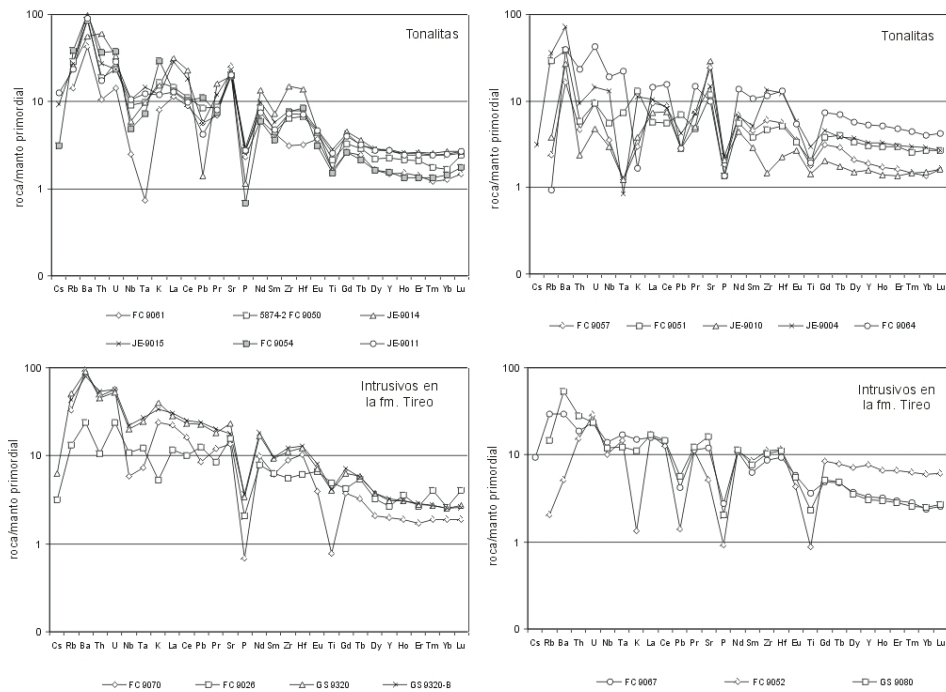
**Fig. 16 - Proyección de las rocas estudiadas del Batolito Loma de Cabrera en los diagramas binarios SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O de Gill (1981), SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MgO y los ternarios K<sub>2</sub>O-Na<sub>2</sub>O-CaO y catiónico de Jensen (1976).**



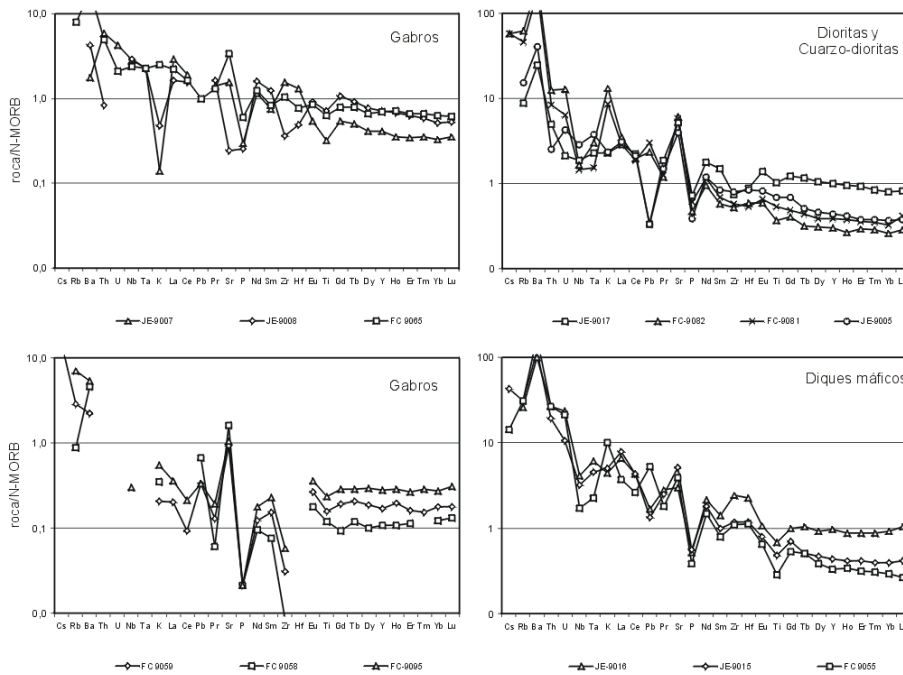
**Fig. 17 - Proyección de las rocas estudiadas del Batolito Loma de Cabrera en diagramas binarios de variación frente al SiO<sub>2</sub> y al MgO.**



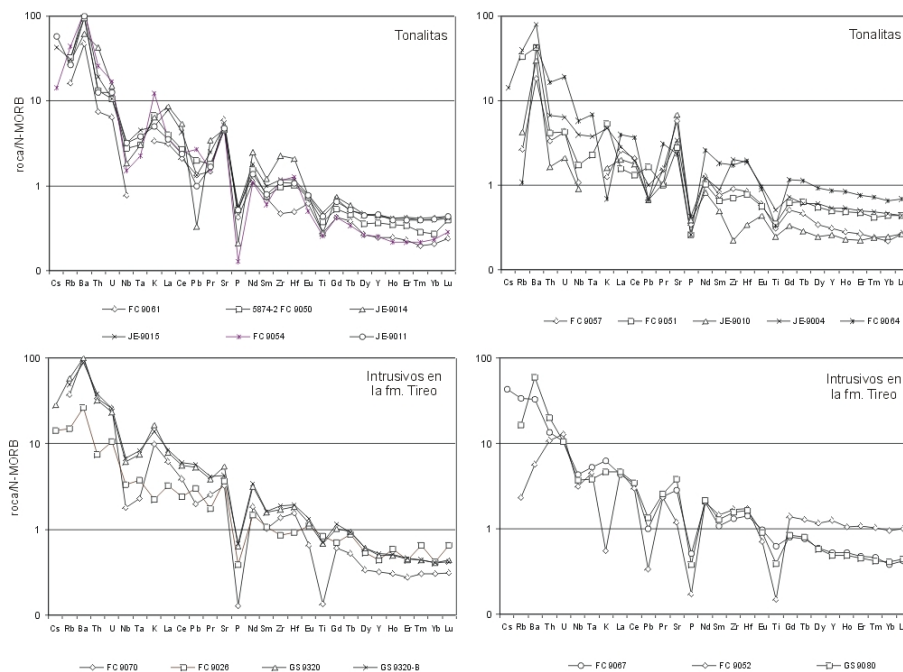
**Fig. 18 - Proyección de las rocas estudiadas del Batolito Loma de Cabrera en diagramas multielementales normalizados respecto al manto primordial.**



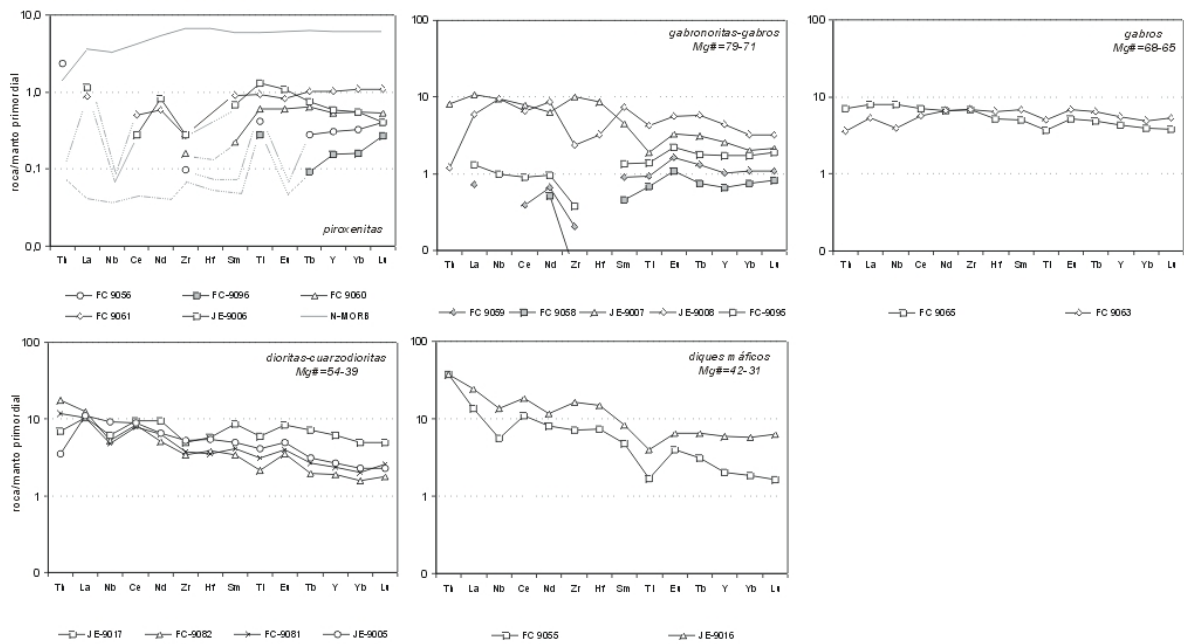
**Fig. 19 - Proyección de las rocas estudiadas del Batolito Loma de Cabrera en diagramas multielementales normalizados respecto al manto primordial.**



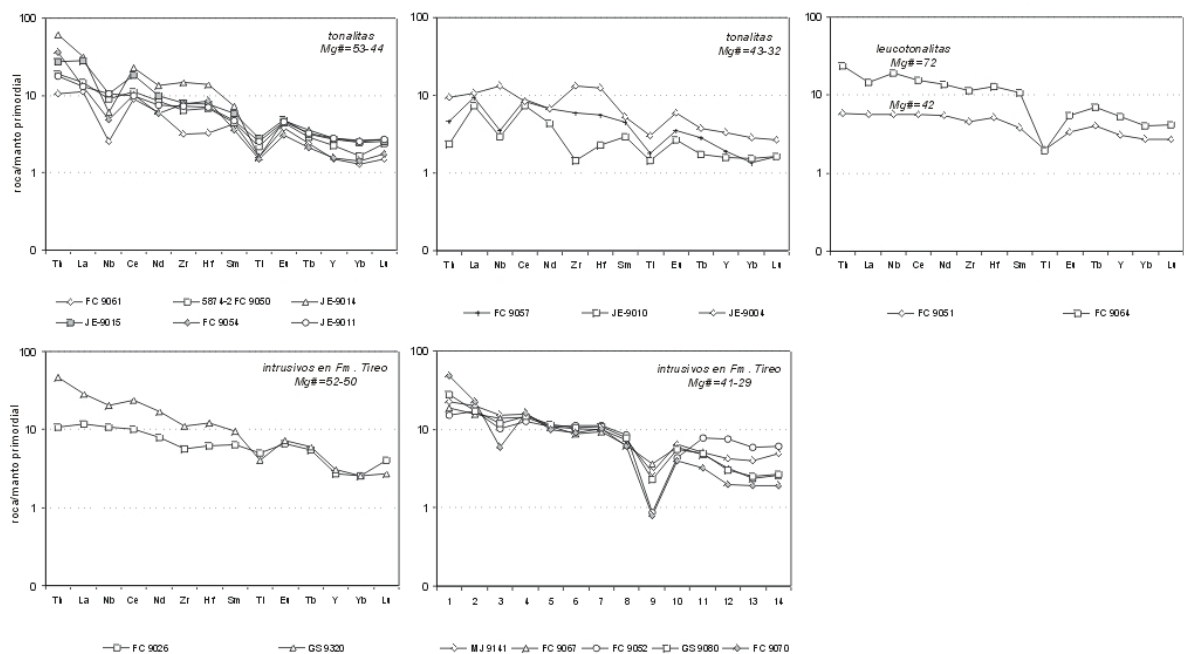
**Fig. 20 - Proyección de las rocas estudiadas del Batolito Loma de Cabrera en diagramas multielementales normalizados respecto al N-MORB.**



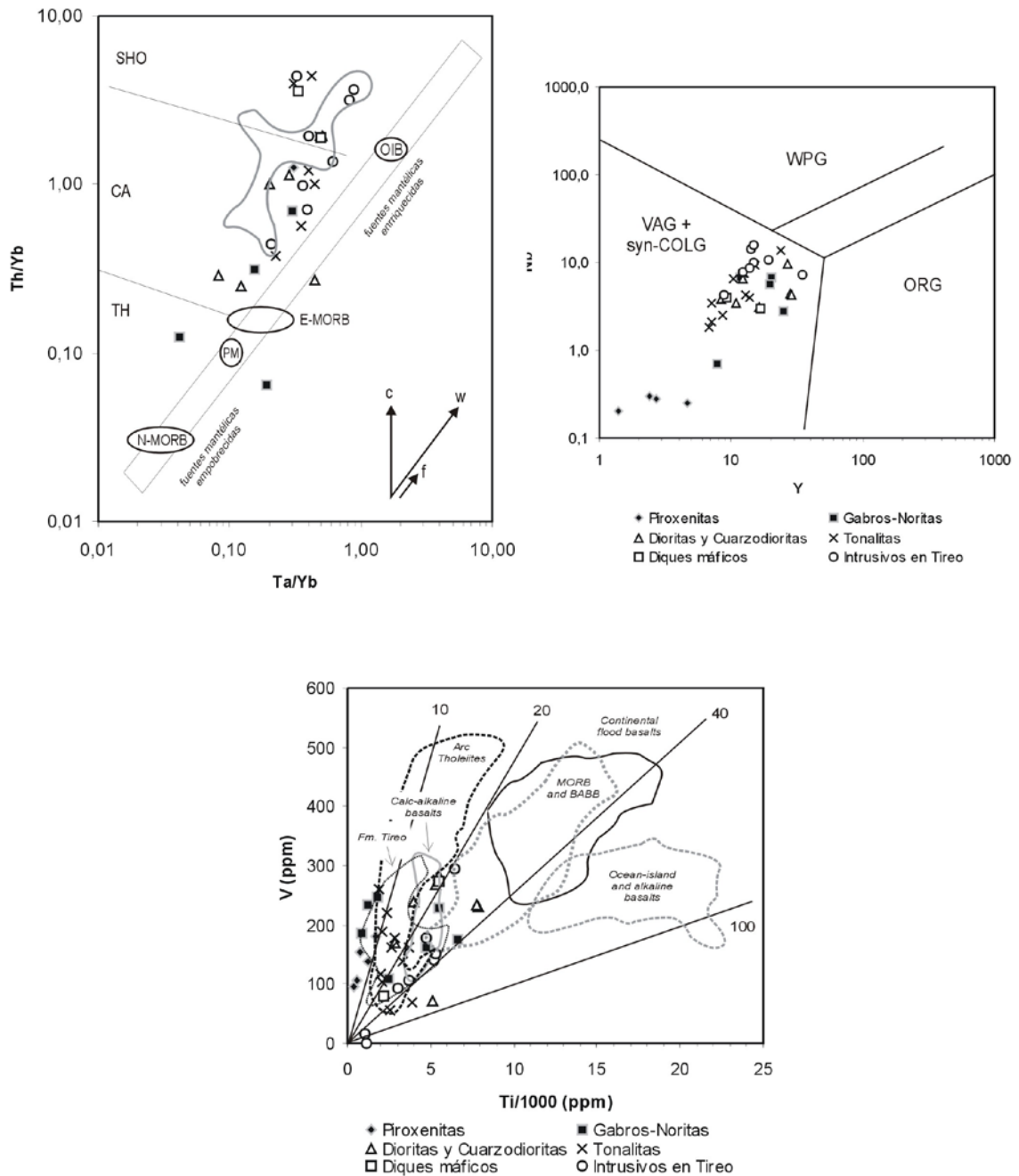
**Fig. 21 - Proyección de las rocas estudiadas del Batolito Loma de Cabrera en diagramas multielementales normalizados respecto al N-MORB.**



**Fig. 22 - Proyección de las rocas estudiadas del Batolito Loma de Cabrera en los diagramas de REE extendidos normalizados respecto al manto primordial agrupados en función del Mg#.**



**Fig. 23 - Proyección de las rocas estudiadas del Batolito Loma de Cabrera en los diagramas de REE extendidos normalizados respecto al manto primordial agrupados en función del Mg#.**



**Fig. 24 - Proyección de las rocas estudiadas del Batolito Loma de Cabrera en los diagramas Y-Nb de discriminación de granitoides (Pearce et al., 1984), Ti/1000-V de Shervais (1982) y Ta/Yb-Th/Yb (Pearce et al., 1983).**

### 3.2.4. Basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte

Los basaltos denominados de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte se disponen estratigráficamente sobre la Fm. Tireo y culminan la secuencia magmática mesozóica de la zona. Esta unidad litológica se localiza en los sectores topográficamente más elevados del Proyecto-K, formando parte de las sierras y alineaciones montañosas en los sectores de Loma de Los Guandules-Loma de Peña Blanca (SG9015, SG9016 y SG9017) en la Hoja de Restauración, muy probablemente en el de Loma Nalga de Maco-Loma Florentino bajo las calizas, y en el de Loma de Joca-Loma Los Aparejos (FC9018 y FC9019, asignados por sus características petrográficas) al sur de la Hoja de la Hoja de Jicomé, y en el sector de Loma Pico del Barranco-Loma La Pelona-Pico Duarte (MJ9365 y MJ9377) al sur de la Hoja de Lamedero (Tabla 8, Anexo). La unidad parece ser litológicamente muy homogénea en todos los sectores, estando compuesta por una potente secuencia de flujos lávicos de basaltos masivos, en cuyas zonas centrales pueden aparecer facies doleríticas y en las marginales facies vesiculares y vítreas, con minoritarios niveles hialoclásticos asociados. Debido a su similar composición y posición estratigráfica, estos basaltos son comparados con la Fm. Siete Cabezas del área de Bonao con el fin de establecer su posible equivalencia. En el Anexo 10 se incluye una breve descripción de las características petrológicas y geoquímicas de esta Formación.

Al proyectarlas en un diagrama TAS (Le Bas *et al.*, 1986), las rocas de esta unidad forman un grupo de basaltos con un restringido contenido en SiO<sub>2</sub> entre 47,6 y 50%, de poco a moderadamente fraccionados (Mg#=58-52) y consistentes relativamente bajas abundancias en Ni=94-143 y Cr=230-480 ppm. Presentan contenidos altos en álcalis (entre 2,0 y 2,6%), TiO<sub>2</sub> (1,5-3,6%) y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,15-0,32), para contenidos relativamente bajos en CaO (10-12%) y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12,8-13,7%). En un diagrama SiO<sub>2</sub> versus álcalis de Cox *et al.* (1979), se clasifican como basaltos subalcalinos próximos al límite con los alcalinos, aunque los álcalis pueden haberse movilizado por procesos de alteración. En el diagrama Nb/Y versus Zr/TiO<sub>2</sub> de Winchester y Floyd (1977) se sitúan entre los basaltos subalcalinos y los alcalinos, con una mayor relación Nb/Y que los basaltos de la Fm. Siete Cabezas (Fig. 25).

En diagramas de variación frente al MgO (Fig. 26), los basaltos presentan con la diferenciación o descenso del MgO (o Cr), un aumento en TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, típico de las series toleíticas con enriquecimiento en Fe (y Ti), aunque se dispone de pocas

muestras, los basaltos de la Fm. Siete Cabezas y las rocas del C. Duarte también presentan esta tendencias, pero son más ricas en Ti y Zr, y las primeras más pobres en Ti y menor Nb/Zr. El descenso del Ni y Cr con el descenso en MgO indica una evolución magmática controlada por la cristalización fraccionada del olivino y la cromoespinela, siendo consistente con el hecho petrográfico de que la plagioclasa y clinopiroxeno no aparecen como fenocristal en estos basaltos y si en la mesostasia.

Normativamente, los basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte son o ligeramente cuarzo normativos o ligeramente olivino normativos, con dióxido, hiperstena y cromita (Tabla 8). Estas características, junto con la presencia en estos basaltos de olivino como fenocristal y augita titanada, un mayor contenido en álcalis y menor en SiO<sub>2</sub> que las toleitas N-MORB, indican que se trata de basaltos transicionales a alcalinos, sin llegar a ser subsaturadas en sílice. En el diagrama de Cox et al. (1979) se han incluido los rangos composicionales de las series toleíticas de isla oceánica (OIT) de Islandia, alcalina de isla oceánica (OIA) de Ascensión ligeramente saturada en sílice y la alcalina subsaturada de Tristán de Cunha (Fig. 25). Aunque los álcalis pueden haberse movilizado, los basaltos de esta unidad caen en el campo de la serie OIT de Islandia. En el diagrama Ti/1000 versus V los basaltos presentan una Ti/V > 20 que aumenta pasando desde el campo de los basaltos intraplaca y OIB al de los basaltos alcalinos. El carácter transicional a alcalino e intraplaca de los basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte queda bien patente en el diagrama de discriminación tectonomagmática Y/15-La/10-Nb/8, proyectándose en el campo de los OIB transicionales. Los basaltos de la Fm. Siete Cabezas son N-MORB/E-MORB menos enriquecidos.

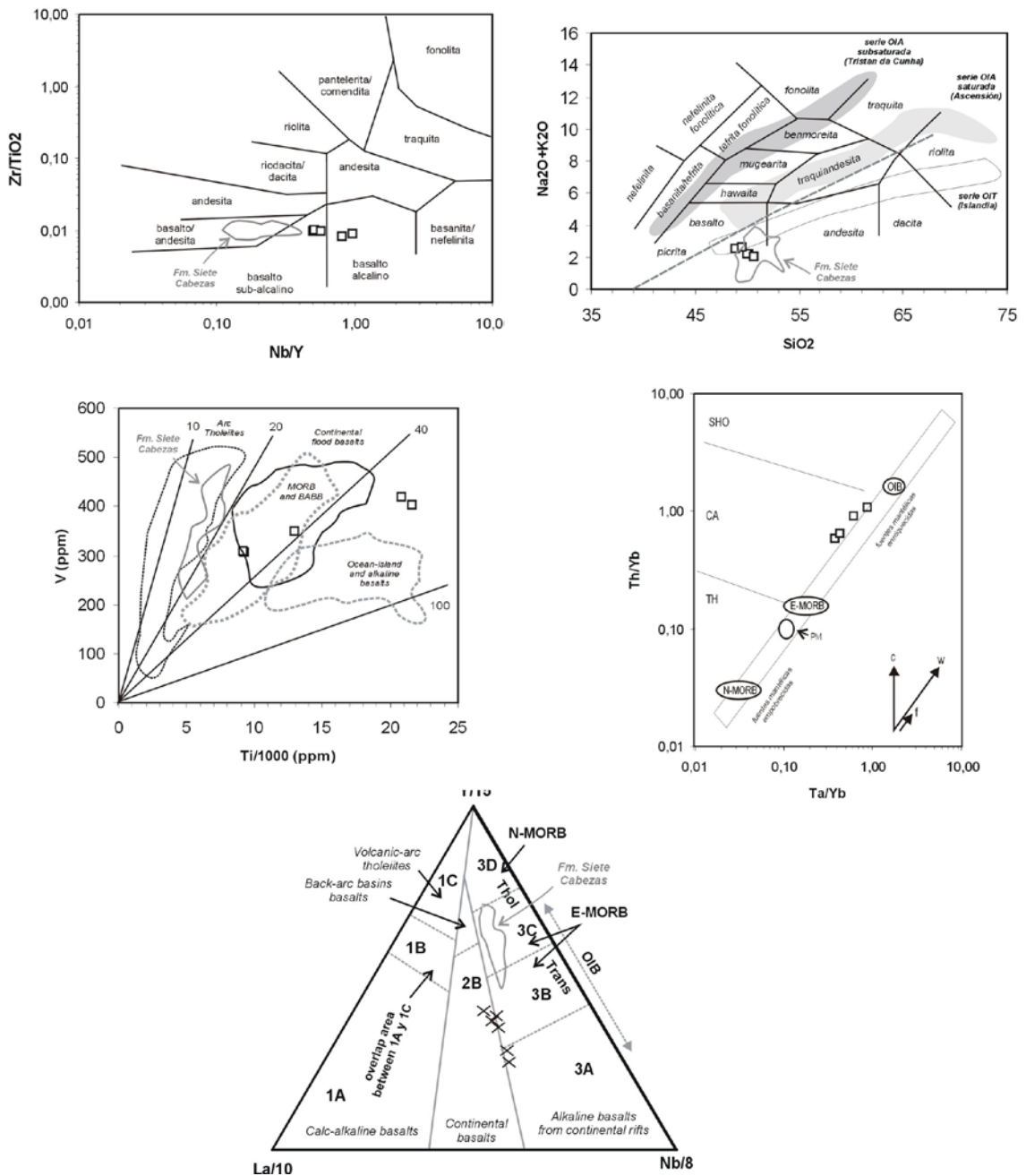
En un diagrama multielemental normalizado frente a al Manto Primordial (Fig. 27), los basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte presentan patrones entre E-MORB y OIB, con algunas anomalías negativas en el K, Pb y P, probablemente debidas a procesos de alteración. Se caracterizan por un fuerte enriquecimiento en los elementos incompatibles LIL (Rb, Cs, Ba, Pb y Sr) y HFSE (Th, U, Ce, Zr, Hf, Nb, Ta y Ti) respecto a N-MORB, análogo al de los OIB. Los valores de las relaciones K/Ba < 20 (entre 9,7-15) y Zr/Nb < 10 (6,2-8,4) encontrados son típicos de rocas OIB transicionales y alcalinas. La ausencia de una anomalía negativa de Nb-Ta y de un empobrecimiento en HFSE y REE respecto a N-MORB, excluye a todas estas rocas como relacionadas con procesos de subducción, por lo que deben marcar el cese de la subducción en el arco de la Fm. Tireo.



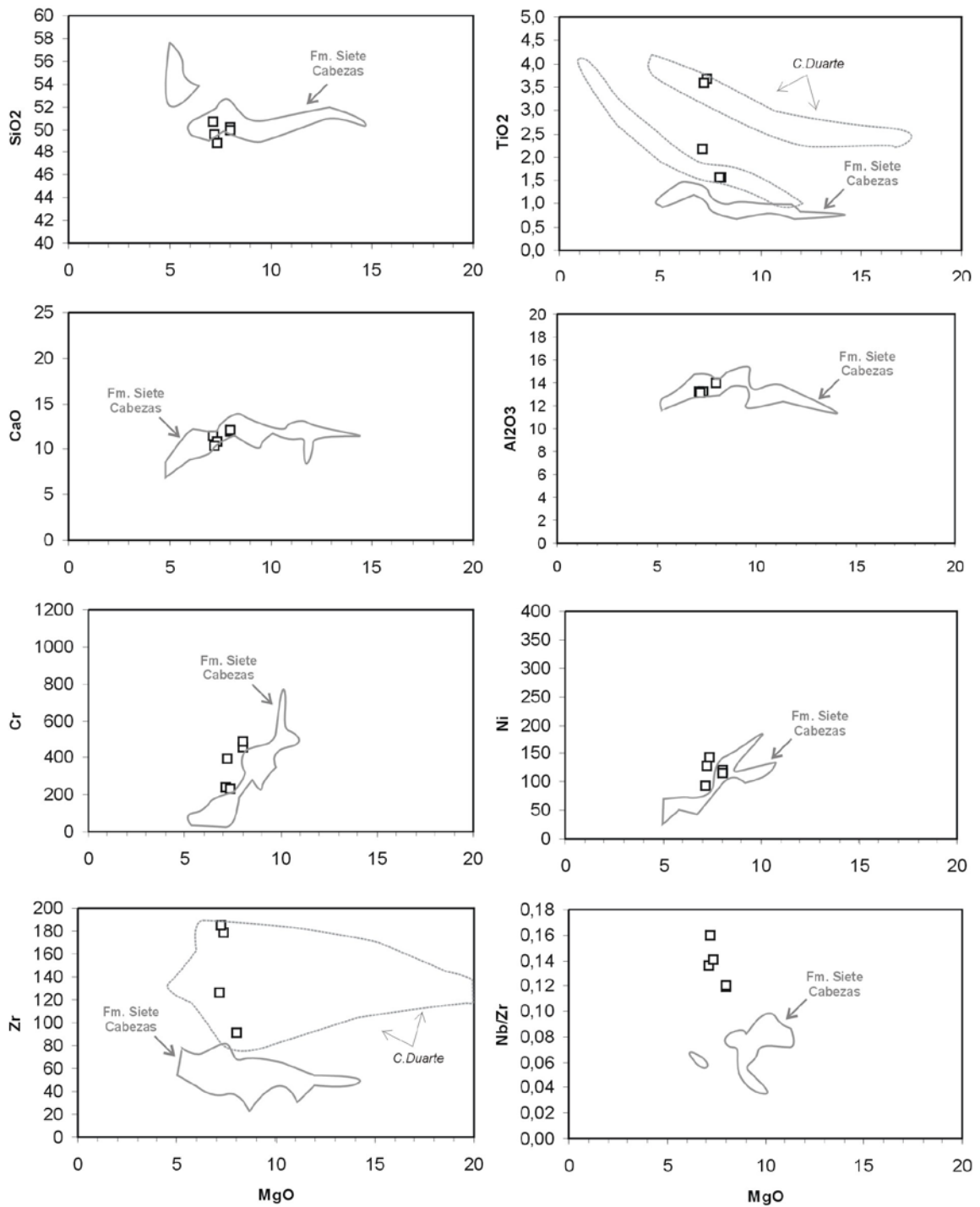
En un diagrama extendido de REE normalizado respecto al manto primordial (Fig. 28), los basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte presentan una elevada pendiente negativa, moderado enriquecimiento en LREE y empobrecimiento en HREE, junto a una anomalía positiva en Nb y negativa en Th, característicos de las toleitas de isla oceánica (OIT) transicionales a basaltos alcalinos (OIA). Estas características quedan marcadas con valores en los parámetros  $(La/Yb)_N=3,5-7,4$  y constante  $(Zr/Sm)_N=0,98-1,0$ . Los valores en la relación  $La/Yb=4,5-10$  son también propios de toleitas OIB y basaltos alcalinos. En los diagramas de Wood (1980) caen en los campos de basaltos intraplaca y alcalinos. Estos basaltos se diferencian bien de los de la Fm. Siete Cabezas, que presentan un patrón plano de REE, ligera anomalía positiva en Nb-Ti y negativa en Th (Fig. 28).

El variable enriquecimiento en LREE y anomalía positiva en Nb en los basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte, puede explicarse por diferentes tasas de fusión de un manto heterogéneo, que contiene bolsadas de material fértil en una matriz empobrecida. Como el material fértil funde antes, los primeros fundidos producidos por un bajo grado de fusión contienen una mayor concentración de LREE. El mayor empobrecimiento en HREE desde las toleitas a rocas prácticamente alcalinas, refleja el aumento en la profundidad del manto fundido, en donde existe una pequeña proporción de granate (>9-10 kbar) que retiene las HREE en proporción a su masa en el residuo.

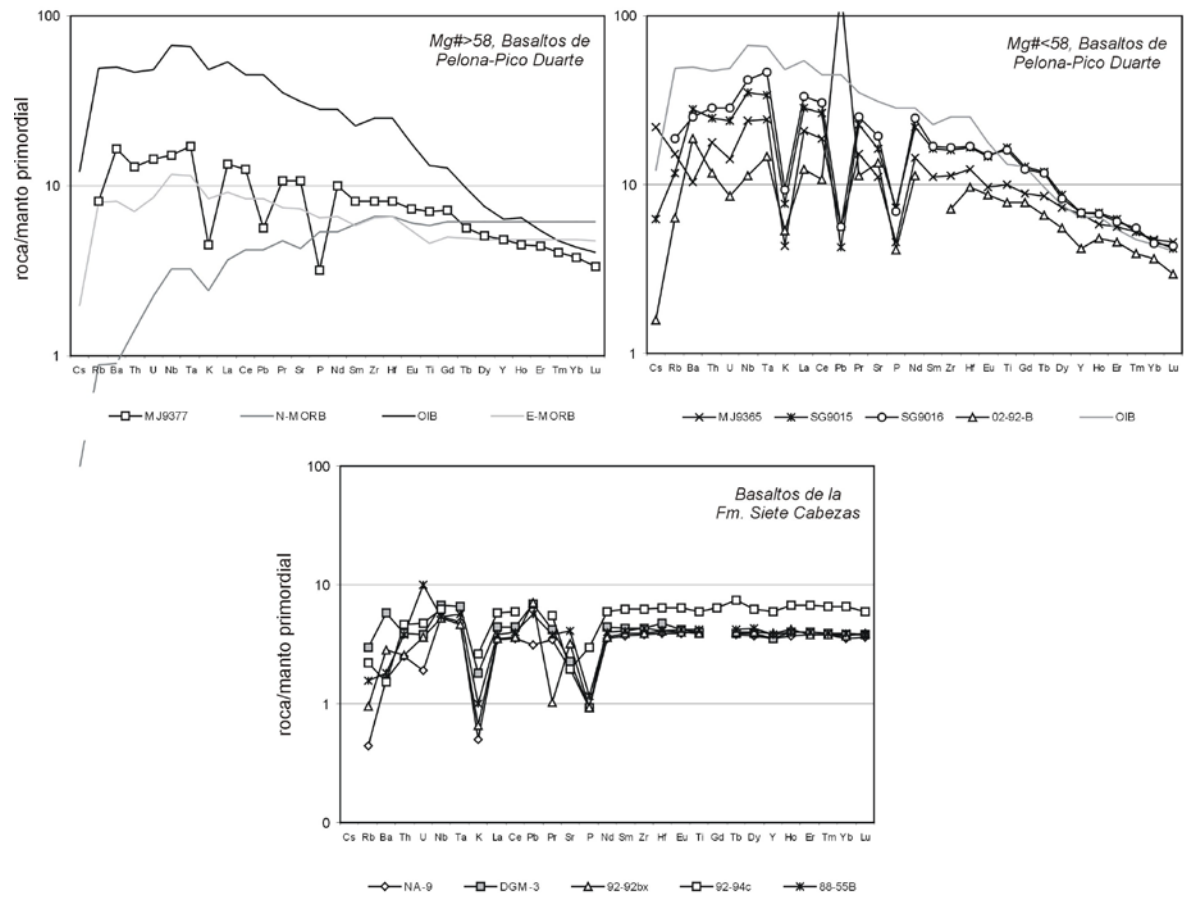
Las características geoquímicas transicionales y alcalinas de los basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte, no son típicas de los de arco isla oceánico o *back-arc*, que suelen proceder (aunque no siempre) de una fuente mantélica similar o más empobrecida que la de los N-MORB promedio (Pearce & Peate, 1995). Sin embargo, con los datos geoquímicos disponibles no se puede evaluar el efecto de una contaminación cortical en estos basaltos. En entornos magmáticos de arco-isla, las rocas volcánicas con composiciones enriquecidas se forman típicamente durante e inmediatamente después del *rifting* del arco (Pearce & Peate, 1995). Por lo tanto, la potente sucesión volcánica de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte se interpreta representa el cese del magmatismo del arco de la Fm. Tireo y el establecimiento de una cuenca *rift* intra-arco rellena con estas toleitas de afinidad intraplaca. El cese de la actividad magmática posterior queda registrado con la sedimentación carbonatada de la Fm. Calizas de Nalga de Maco.



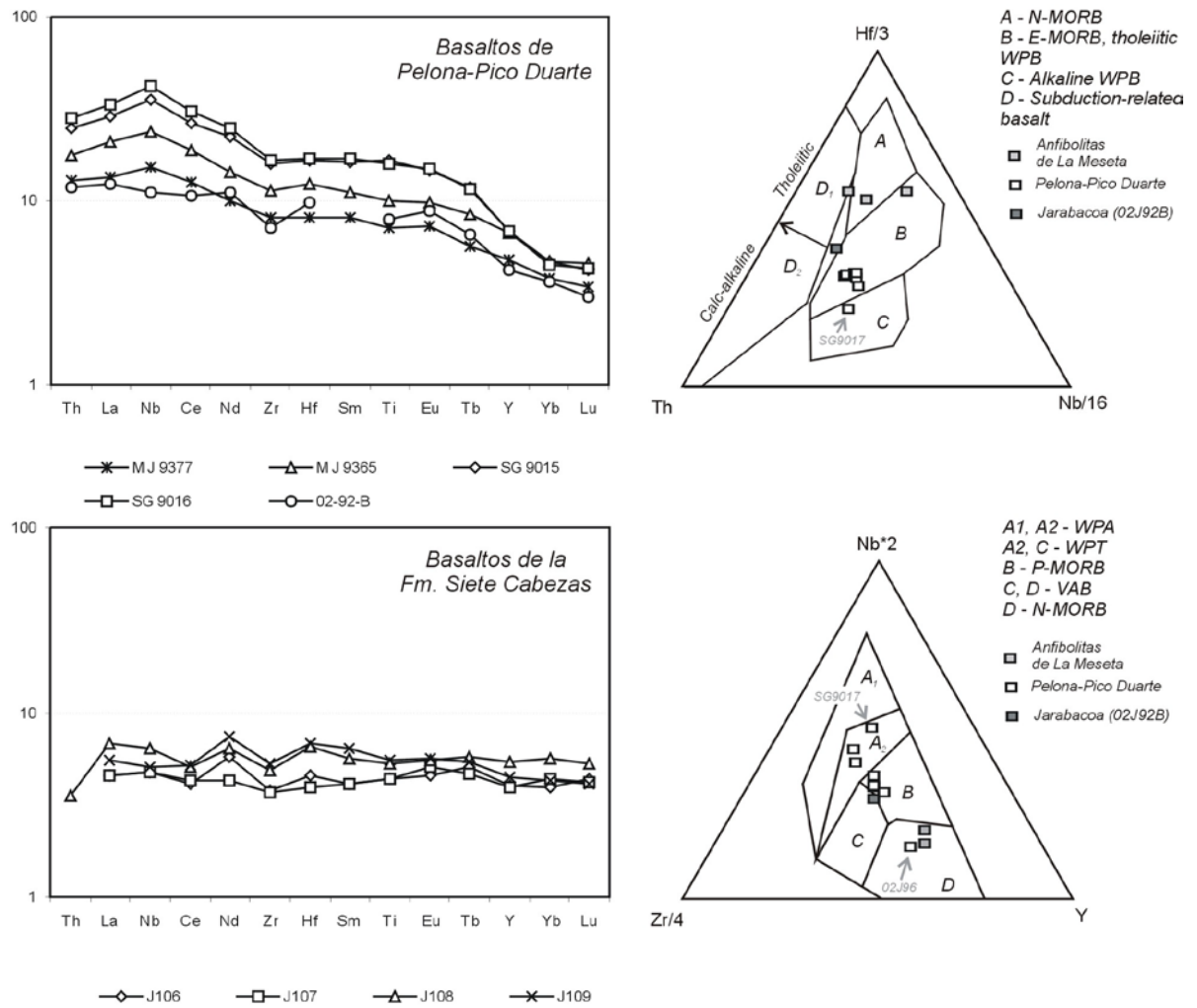
**Fig. 25 - Proyección de los basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte en los diagramas binarios  $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  (Gill, 1981),  $\text{Nb/Y}$  versus  $\text{Zr/TiO}_2$  (Winchester & Floyd, 1977),  $\text{Ti/1000-V}$  de Shervais (1982),  $\text{Ta/Yb-Th/Yb}$  (Pearce et al., 1984) e  $\text{Y/15-La/10-Nb/8}$ .**



**Fig. 26 - Proyección de los basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte y la Fm. Siete Cabezas en diagramas binarios de variación frente al MgO.**



**Fig. 27 - Proyección de los basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte y la Fm. Siete Cabezas en diagramas multielementales normalizados respecto al manto primordial.**



**Fig. 28 - Proyección de los basaltos de Loma de Los Guandules-Pelona-Pico Duarte y de la Fm. Siete Cabezas en los diagramas de REE extendidos normalizados respecto al manto primordial.**

### **3.3. Nuevas dataciones geocronológicas U-Pb y Ar-Ar del Proyecto K**

#### **3.3.1. Muestreo**

Como se ha comentado en el capítulo 3.1.2, existe un apreciable número de dataciones absolutas en las rocas magmáticas de la República Dominicana que, sin embargo, han resultado insuficientes para constreñir las edades y la evolución de los episodios magmáticos y tectonometamórficos. En consecuencia, durante este Proyecto K (y también el L) de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, se ha llevado a cabo un amplio muestreo, representativo de cada uno de los principales conjuntos magmáticos y metamórficos. Así, del conjunto de muestras escogidas en el campo para dataciones absolutas, su estudio petrográfico permitió seleccionar 38 y en ellas, se han realizado 44 dataciones, para la totalidad del Proyecto K.

Las técnicas de dataciones utilizadas, descritas a continuación comprenden el método Ar-Ar realizado por el calentamiento escalonado de separaciones minerales, así como el método U-Pb sobre circones. Algunas muestras han sido analizadas con las dos técnicas. Al final, de los 44 análisis, 33 han permitido la obtención de una edad absoluta (7 con U-Pb y 26 con Ar-Ar) y 9 han resultado negativas.

#### **3.3.2. Descripción de las técnicas analíticas**

Las muestras fueron procesadas y analizadas por los Drs. Richard Friedman (U/Pb) y Thomas Ullrich (Ar/Ar), en el *Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research, Earth and Ocean Sciences*, de la Universidad de British Columbia, en Vaucouver (Canadá), bajo la dirección del Profesor James Mortensen

##### **3.3.2.1. Técnica analítica U-Pb**

Los circones y otros minerales accesorios se extrajeron de las muestras mediante técnicas convencionales de machacado y de separación mediante tabla Wilfley, a las que siguió una concentración final mediante líquidos pesados y separación magnética. Las fracciones minerales a analizar se seleccionaron en función de la calidad del grano, tamaño, susceptibilidad magnética y morfología. Con el objeto de minimizar los efectos de la pérdida de Pb próxima a la superficie de los granos, todas las fracciones de circones se sometieron, previamente a su disolución, a una abrasión por aire usando la técnica de Krogh (1982). Posteriormente se disolvieron en una solución extrapura 3N de HNO<sub>3</sub>, lavadas con acetona bajo su punto de ebullición y pesadas (hasta  $\pm 2\mu\text{g}$ ). Los circones se disolvieron en

microcápsulas de PTFE o PFA de 300  $\mu$ l con 100  $\mu$ l de HF 29N y de  $\sim$ 15  $\mu$ l de HNO<sub>3</sub> 14N bajo punto de ebullición, en presencia de un trazador mixto de <sup>233-235</sup>U-<sup>205</sup>Pb y durante 40 horas a 240°C.

La disolución se llevó a cabo en bombas de acero inoxidable Parr con líneas PTFE de teflón de 250 ml. Posteriormente las soluciones fueron secadas de sales y re-bombadas en  $\sim$ 200  $\mu$ l de solución de HCl 3.1N ultrapuro durante 12 horas a 210°C. Estas soluciones se secaron de nuevo de sales en una placa calentada a unos 125°C y se redisolieron en una solución de 0.5 ml de 3.1 HCl durante un mínimo de 8 horas. Para la separación del Pb y U se emplearon técnicas de columnas de intercambio iónico similares a las descritas por Parrish et al. (1987). El Pb y U se separaron secuencialmente en el mismo recipiente, donde se les añadió 2  $\mu$ l de ácido fosfórico extrapuro 1,0 M. Cada muestra se cargó en un único filamento de Re usando un exhalador de gel de sílice fosfórico (SiCl<sub>4</sub>). Las relaciones isotópicas se midieron con un espectrómetro de masas de ionización termal VG-54R, modificado con un único colector y equipado con un fotomultiplicador analógico Daly. Tanto el U como el Pb se procesaron a 1450°C en modo de encendido-en pico del detector Daly.

La fraccionación de U se determinó directamente en procesos individuales utilizando el trazador <sup>233-235</sup>U, y las relaciones isotópicas de Pb se corrigieron para una fraccionación del 0,37 %/amu, en base a análisis duplicados del estándar de Pb NBS-981 y los valores recomendados por Thirlwall (2000). Los blancos analíticos para el U y el Pb fueron menores de 1 y 3 pg, respectivamente. La composición isotópica del Pb común fue derivada del modelo de Stacey y Kramers (1975). Todos los errores analíticos fueron propagados numéricamente a lo largo del cálculo completo de la edad siguiendo la técnica de Roddick (1987). Las edades de intersección con la curva de concordia y los errores asociados se calcularon usando una versión modificada del modelo de regresión York-II (donde los errores York-II se multiplican por el MSWD) y el algoritmo de Ludwig (1980). Todas las edades se refieren al nivel 2 $\sigma$  de incertidumbre.

### 3.3.2.2. Técnica analítica Ar-Ar

Cada muestra se machacó, hasta reducirla a fragmentos de entre 0.1 y 0.5 mm de diámetro y, posteriormen, se pesó bajo un imán manualmente para eliminar los minerales magnéticos y las esquirlas metálicas de la machacadora. Las muestras se lavaron posteriormente en agua desionizada, se aclararon y se sacaron en aire seco a temperatura ambiente. Los minerales de interés se separaron a mano, se envolvieron en papel de aluminio y se guardaron en una cápsula de irradiación junto a otras muestras de edad similar y a

monitores del flujo de neutrones (sanidinas de la Toba Fish Canyon de 28.02 Ma; Renne *et al.*, 1998). Las muestras se irradiaron los días 27 y 28 de Mayo de 2004 en el reactor nuclear de McMaster en Hamilton, Ontario, a 56 MWH y un flujo de neutrones de  $3 \times 10^{16}$  neutrones/cm<sup>2</sup>, aproximadamente. El análisis (n=54) de las posiciones del flujo de neutrones 18 produjo errores de <0.5% en el valor J. Las muestras fueron analizadas entre el 19 y el 26 de Julio de 2004, en el *Noble Gas Laboratory del Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research de la University of British Columbia, Vancouver, Canada*. Los separados minerales se calentaron a intervalos crecientes mediante un rayo laser desenfocado de 10W CO<sub>2</sub> (New Wave Research MIR10), hasta su fusión. Los gases emitidos en cada intervalo de temperatura se analizaron en un espectrómetro de masas VG5400, equipado con un multiplicador de electrones contador de iones. Todas las medidas se corrigieron respecto a las variaciones en la sensibilidad del espectrómetro de masas, la discriminación de masas, y la descomposición radioactiva durante y después de la irradiación, así como a la interferencia de Ar debida a contaminación atmosférica y la irradiación de Ca, Cl y K (relaciones de producción isotópica:  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , K=0.0302;  $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , Ca=1416.4306;  $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , Ca=0.3952; Ca/K=1.83,  $^{37}\text{ArCa}/^{39}\text{ArK}$ ).

Las edades de *plateau* y por correlación inversa (método de la isocrona inversa) se han calculado utilizando el programa ISOPLOT versión 3.09 (Ludwig, 2003). Los errores se refieren al nivel  $2\sigma$  (95% de confianza) e incluye la propagación de los errores procedentes de todas las fuentes, a excepción de los procedentes de la sensibilidad del espectrómetro de masas y la edad del monitor de flujo. Los “picos” para las edades obtenidas mediante correlación inversa y de plateau son arbitrarios y se deben considerar como tentativas, ya que el trabajo analítico se ha realizado sin conocer de forma directa el contexto geológico de las muestras. La interpretación de los resultados analíticos ha de hacerse en el contexto de la diferente temperatura de cierre del Ar en cada mineral analizado (hornblenda: 525-450°C; moscovita: 375-325°C; biotita: 350-260°C y feldespato-K: 350-125°C), junto a la naturaleza ígnea o metamórfica de la muestra.

### 3.3.3. Resultados y discusión

El conjunto de los 44 resultados está resumido en la Figura 1 y la Tabla 1. Los diagramas de los resultados isotópicos con las edades “*plateau*” y las isocronas (método Ar-Ar) y los diagramas de concordia (método U-Pb) se pueden consultar en los informes correspondientes (Friedman, 2004; Ullrich, 2004)

A continuación se comentan las edades obtenidas por cada conjunto litológico.



### 3.3.3.1. Formación Amina-Maimón

Cuatro muestras de esquistos verdes y metariolitas de la Fm. Amina-Maimón en las Hojas de Martín García (MJ-9122; PU-9037) y Monción no han permitido constreñir la edad de esta formación debido a la ausencia o poca cantidad de minerales datables.

### 3.3.3.2. Complejo Duarte

Regionalmente al C. Duarte se le considera una edad Jurásico Superior a Cretácico Inferior. Las 7 muestras de este complejo procesadas para dataciones absolutas; se reparten así :

- Hoja de Santiago Rodríguez : anfibolitas 01JE04J75 y 01JE9013, así como la diorita de El Pino (01GS9233) posiblemente relacionada con el C. Duarte ;
- Hoja de Monción : anfibolita 12FC9102;
- Hoja de Jicomé : anfibolita FC9063;
- Hoja de Diferencia : anfibolitas 07JE04J45 y 07JE04J46

En el Complejo Duarte, el objetivo de las dataciones de Ar-Ar sobre hornblenda, era obtener la edad del metamorfismo y de la deformación.

La anfibolita 12FC9102 de la Hoja de Monción y la anfibolita 01JE9013 de la Hoja de Santiago Rodríguez no han dado una fracción datable.

Para las anfibolitas del C. Duarte, las edades obtenidas presentan una variabilidad muy grande, desde 45 Ma hasta 123 Ma, y son muy poco fiables.

Las edades de  $43.4 \pm 7.0$  Ma (JE04J46) y  $91 \pm 19$  Ma (JE04J45) obtenidas en las anfibolitas de la Hoja de Diferencia, parecen poco fiables, puesto que representan edades integradas sobre los valores del conjunto de los « *plateaux* ».

Las muestras JE04J75 (Hoja de Santiago Rodríguez) y FC9063 (Hoja de Jicomé) presentan una edad « *plateau* » bien definida, a pesar de un ligero exceso de Argón en los primeros escalones de calentamiento de la muestra FC9063 y las edades de  $74 \pm 1.7$  Ma (JE04J75) y  $82.8 \pm 1.9$  Ma (FC9063) son representativas de la edad de las hornblendas.

Estas hornblendas son nematoblastos o marcan la lineación en las anfibolitas miloníticas.

Así estas edades podrían ser o la edad de un pico térmico del metamorfismo y por tanto de la deformación, o/y edades de « reset » ligadas a la intrusión del batolito de Loma Cabrera.

Para la diorita de El Pino, posiblemente relacionada con el C. Duarte, se sospecha un exceso de Argón. La edad obtenida por isocrona inversa es  $122.3 \pm 7.7$  Ma, de acuerdo con

la edad de  $123 \pm 1.8$  Ma obtenida anteriormente con el método K-Ar sobre una muestra del mismo macizo (Kesler et al., 1977).

En conclusión, la edad Eoceno ( $43.4 \pm 7.0$  Ma) de la anfibolita JE04J46 de la Hoja de Diferencia parece poco fiable. Las edades de  $74 \pm 1.7$  Ma y  $82.8 \pm 1.9$  Ma (JE04J75 y FC9063) representan probablemente edades de « reset » ligadas a la intrusión del batolito de Loma Cabrera. La edad más antigua de 123 Ma, aunque todavía poco segura, podría representar la edad la más antigua conocida actualmente para el C. Duarte, siendo el protolito todavía más antiguo.

### 3.3.3.3. Batolito de Loma Cabrera

Ocho muestras del batolito de Loma Cabrera han sido datadas para método Ar-Ar :

- Hoja de Santiago Rodríguez : tonalita foliada, en zona de falla (01JE9015)
- Hoja de Loma de Cabrera : tres gabros (FC-9065, JE-04J83, FC-9058), una diorita cuárcica foliada (FC-9061) y una tonalita no foliada (FC-9054)
- Hoja de Jicomé : una diorita cuárcica (01JE9010);
- Hoja de Monción : un gabro con Hornblenda-Piroxeno (12FC9097)

#### 3.3.3.3.1. Gabros

Las muestras FC-9065 y 12FC9097 no se han podido datar. Las muestras de gabro JE-04J83 y FC-9058 (Loma Cabrera) presentan edades mal constreñidas de  $83 \pm 9.2$  Ma y  $105.4 \pm 5.8$  Ma obtenidas a partir de un pseudo « plateau ».

Aunque la edad de 105 Ma apoya las observaciones de campo, mostrando que las tonalitas intruyen los macizos gabroicos, la edad de  $83 \pm 9.2$  Ma coincide bien con todo el magmatismo tonalítico del BLC y, así, podría corresponder a un « reset » debido a dicha intrusión.

#### 3.3.3.3.2. Intrusivos tonalíticos – cuarzodiorita

La muestra de diorita cuárcica 01JE9010 (Hoja de Jicomé) no permitió la obtención de una edad « plateau ». La edad obtenida por isocrona inversa sobre hornblenda está mal definida a  $65.1 \pm 6.5$  Ma.

La tonalita « común » FC-9054 (Hoja de Loma de Cabrera) presenta una edad « plateau » de  $87.9 \pm 2.5$  Ma sobre hornblenda, mientras que los ensayos sobre biotita no han sido

concluyentes (exceso de Argón). Esta edad coincide con las ya conocidas del batolito de Loma Cabrera (cf § 3.1.2.2). y corresponden a la intrusión de las tonalitas.

Las facies foliadas presentan edades muy diferentes. La diorita cuárcica (FC9061) de la Hoja de Loma Cabrera, da una edad « *plateau* » de  $100.9 \pm 2.2$  Ma, pero con un probable exceso de Argón. ¡Se debe notar que esta edad sobre una diorita cuárcica foliada es más antigua que las rocas equivalentes no foliadas!

La tonalita foliada (01JE9015) de la Hoja de Santiago Rodriguez, da una edad plateau de  $73.9 \pm 0.48$  Ma sobre Hornblenda y de  $76.8 \pm 0.44$  Ma (Santoniano) sobre Biotita. Esta última edad podría corresponder a la edad de un episodio de deformación marcado por la neoformación o el « *reset* » post-intusivo de minerales máficos.

#### 3.3.3.3.3. Intrusión tonalítica en la Fm Magua

La muestra de tonalita a hornblenda 03MJ9141 proviene de un dique que intruye la Fm Magua en la hoja de Dajabón. Ha sido datado por Ar-Ar sobre hornblenda y da una edad « *plateau* » de  $83.4 \pm 0.8$  Ma bien definida. Dentro del error, la edad coincide con la edades Ar-Ar de las tonalitas del BLC. Este resultado levanta problema. En efecto, regionalmente a la Fm Magua se le considera una edad Paleoceno Superior - Eoceno Superior (dataciones de fauna de foraminíferos planctónicos). En algunos afloramientos y clastos rodados de calizas se han visto fragmentos de rudistas (hoja de Dajabón; Palmer, (1963) y este proyecto): dichos rudistas podrían resultar del desmantelamiento de una Fm Tireo más generalizada sobre el C. Duarte, o significar que las propias calizas de Magua empiezan al Cretácico Superior terminal (Maastrichtiano). ¡Si la edad de 83.4 Ma de la tonalita es buena, la edad de la Fm Magua bajaría por lo menos al límite Santoniano-Campaniano! Otra hipótesis sería que los basaltos intruidos por la tonalita no sean basaltos de la Fm Magua sino basaltos más antiguos como los del C. Duarte.

#### 3.3.3.3.4. Tonalita foliada de Diferencia

La muestra de tonalita foliada (07MJ9195) de la Hoja de Diferencia ha sido datada por método U-Pb sobre zircón y Ar-Ar sobre hornblenda. La edad Ar-Ar sobre hornblenda está muy mal definida con  $100 \pm 18$  Ma a partir de un pseudo « *plateau* ». Al contrario, la edad U-Pb basada sobre resultados múltiples concordantes, es relativamente precisa con  $87.9 \pm 1.0$  Ma, correspondiendo a la intrusión de la tonalita y de acuerdo con las edades conocidas de las tonalitas (cf. § 3.1.2.2.).

#### 3.3.3.3.5. Tonalita foliada de la Loma del Tambor

Se analizaron dos muestras de las tonalitas foliadas de la Loma del Tambor: 08MJ9195C (Hoja de Lamedero) y FC-9026 (Hoja de Jicomé). Si la muestra 08MJ9195C no ha dado una edad absoluta, la muestra FC-9026 da una edad « *plateau* » Ar-Ar sobre biotita de  $74.9 \pm 1.8$  Ma.

Es más joven que la edad obtenida generalmente para los intrusivos tonalíticos (85-90 Ma) y recuerda la edad obtenida sobre las tonalitas foliadas de la zona de falla de la Hoja de Santiago Rodríguez ( $73.9 \pm 0.48$  Ma sobre Horblenda y de  $76.8 \pm 0.44$  Ma sobre Biotita). Por lo tanto se podría interpretar también como la edad de un episodio de deformación definida por la neoformación o el « *reset* » post-intrusión de los minerales máficos a lo largo de zonas de falla.

#### 3.3.3.3.6. Batolito de Macutico

Siete muestras del batolito de Macutico (Hoja de Lamedero) han sido analizadas con el objetivo de precisar la evolución del macizo y limitar las edades de sus diferentes intrusiones:

- tonalita (08MJ9359),
- diorita cuárcica (08MJ9033),
- diorita (08MJ9364B),
- gabro-diorita (08MJ9356)
- microgabro (08MJ9365)
- dique andesítico (08MJ9364)

Las muestras del conjunto gabro-diorita-tonalita 08MJ9359, 08MJ9033, 08MJ9364B y 08MJ9356 presentan edades U-Pb bien constreñidas, muy concordantes, comprendidas entre  $90 \pm 1.2$  Ma y  $92.1 \pm 1.2$  Ma. Las edades « *plateau* » Ar-Ar obtenidas sobre horblenda y biotita de la tonalita 08MJ9359 son ligeramente más jóvenes con respectivamente  $85.3 \pm 2$  Ma y  $86.31 \pm 0.49$  Ma. Estas edades corresponden a la intrusión de las rocas tonalíticas en la Cordillera Central.

La muestra 08MJ9365 proviene de bloques de microgabro del este de la hoja de Lamedero (refugio de Macutico). Aunque un probable exeso de Argón en las primeras escalones de calentamiento, la edad "plateau" Ar-Ar sobre horblenda de  $98.3 \pm 1.8$  Ma parece fiable y confirmaría el carácter precoz de los intrusivos máficos en comparación con las tonalitas. La firma geoquímica es de tipo OIB, lo que no coincide con las firmas del BLC o de la Fm Tireo.

Si esta edad es buena, queda la hipótesis de relacionar estas facies como "roof pendants" del C. Duarte en el batolito de Macutico pero este caso se debería observar un metamorfismo de grado más alto.

Los diques andesíticos presentan una edad U-Pb ( $85.5 \pm 2.6$  Ma) y Ar-Ar sobre hornblenda ( $88.6 \pm 1.8$  Ma) equivalente o ligeramente más joven que las de las tonalitas.

#### 3.3.3.4. Formación Tireo

Siete muestras de la Fm. Tireo han sido procesadas por método Ar-Ar y/o U-Pb :

- Hoja de Dajabón : 2 riolitas (03PU9252 y 03PU9024),
- Hoja de Restauración : 2 dacitas porfídicas (01GS9891 y 01GS9724),
- Hoja de Jicomé : 1 andesita porfídica (FC-9052),
- Hoja de Diferencia : 1 metabasalto (07MJ9134),
- Hoja de Arroyo Limón : 1 andesita porfídica (EB9042), y 1 riolita (EB9043) que no se ha podido datar.

En la Hoja de Dajabón, la muestra de riolita (03PU9252) analizada por Ar-Ar sobre hornblenda da una edad « *plateau* » de  $91.8 \pm 2.3$  Ma. Está en perfecta concordancia con la edad de  $91.3 \pm 2.1$  Ma obtenida por U-Pb sobre zircón (03PU9024).

Estas edades absolutas serían las más antiguas conocidas para la Fm. Tireo y equivalentes a la edad faunística del Cenomaniano obtenida por Bowin (1966) sobre las calizas de Constanza con las edades en Tireo y los foraminíferos en chert Albiano a Cenomaniano Sup. (99-93 Ma) de Montgomery *et al.* (1994).

La dacita 01GS9891 (Hoja de Restauración) da una edad « *plateau* » poco definida de  $89 \pm 13$  Ma sobre hornblenda mientras que la andesita FC-9052 (Hoja de Jicomé) da una edad « *plateau* » de  $88.9 \pm 2.6$  Ma sobre hornblenda. Estas edades son comparables con la edad comunicada por Lewis (com. oral) de  $81.2 \pm 8.2$  Ma sobre una muestra dacítica de la región de Restauración.

Además, La andesita FC-9052 es un dique andesítico porfídico con hornblenda y plagioclasa que intruye a unos basaltos/metabasaltos masivos afíricos y vesiculares en la hoja de Jicomé. que son geoquímicamente equivalentes a las anfibolitas de La Meseta (N-MORB a E-MORB), que podrían ser por tanto anteriores (al límite Cenomaniano-Turoniano).

La dacita 01GS9724 del SO de la Hoja de Restauración da una edad poco definida de  $98 \pm 17$  Ma por Ar-Ar sobre horblenda, mientras que el análisis del feldespato de la misma muestra da una edad plateau de 66.83 Ma. Esta edad se debe comparar a la obtenida sobre biotita con la andesita EB9042 proviniendo de la Hoja de Arroyo Limón. Estas edades del límite Cretácico Superior-Eoceno presentan los siguientes problemas.

- Pueden representar edades rejuvenecidas, pero en este caso, ¿cual sería el evento térmico responsable del rejuvenecimiento? ¿El cabalgamiento de la Fm Peralta, la alteración hidrotermal?),
- O, quizá representen efectivamente la edad de la Fm. Tireo. En este caso, se plantea el problema de la edad de los primeros sedimentos de la Fm. Trois Rivières discordantes sobre la Fm. Tireo y considerados como Campaniano-Maastrichtiano.

La muestra de metabasalto 07MJ9134 (Hoja de Diferencia) presenta la edad la más antigua ( $129 \pm 20$  Ma). Pero esta edad, por corresponder a un « *plateau* » marginal, es muy problemática. Por otro lado, la atribución de esta muestra a la Fm. Tireo se apoya sobre la interpretación de los datos geoquímicos. De hecho, si la muestra de campo se parece al C. Duarte, los análisis geoquímicos muestran claramente una firma de arco boninítico poco compatible con las firmas de meseta oceánica del C. Duarte.

Entre las posibles firmas de magmas de subducción, quedan las de las formaciones Amina-Maimón y Tireo : Como la Fm. Amina-Maimón no se conoce al sur de la Zona de Falla de la Española, el más probable es que se trata de la Fm. Tireo, cartografiada en este sector. En este caso la edad parece más que dudosa.

#### 3.3.3.5. Basalto Guandules-Pelona-Pico Duarte

La única muestra para datación de los basaltos Guandules-Pelona-Pico Duarte, (08MJ9377, Hoja de Lamedero) proveniente de la cima de La Pelona (3087 m) no ha permitido la obtención de una edad absoluta.

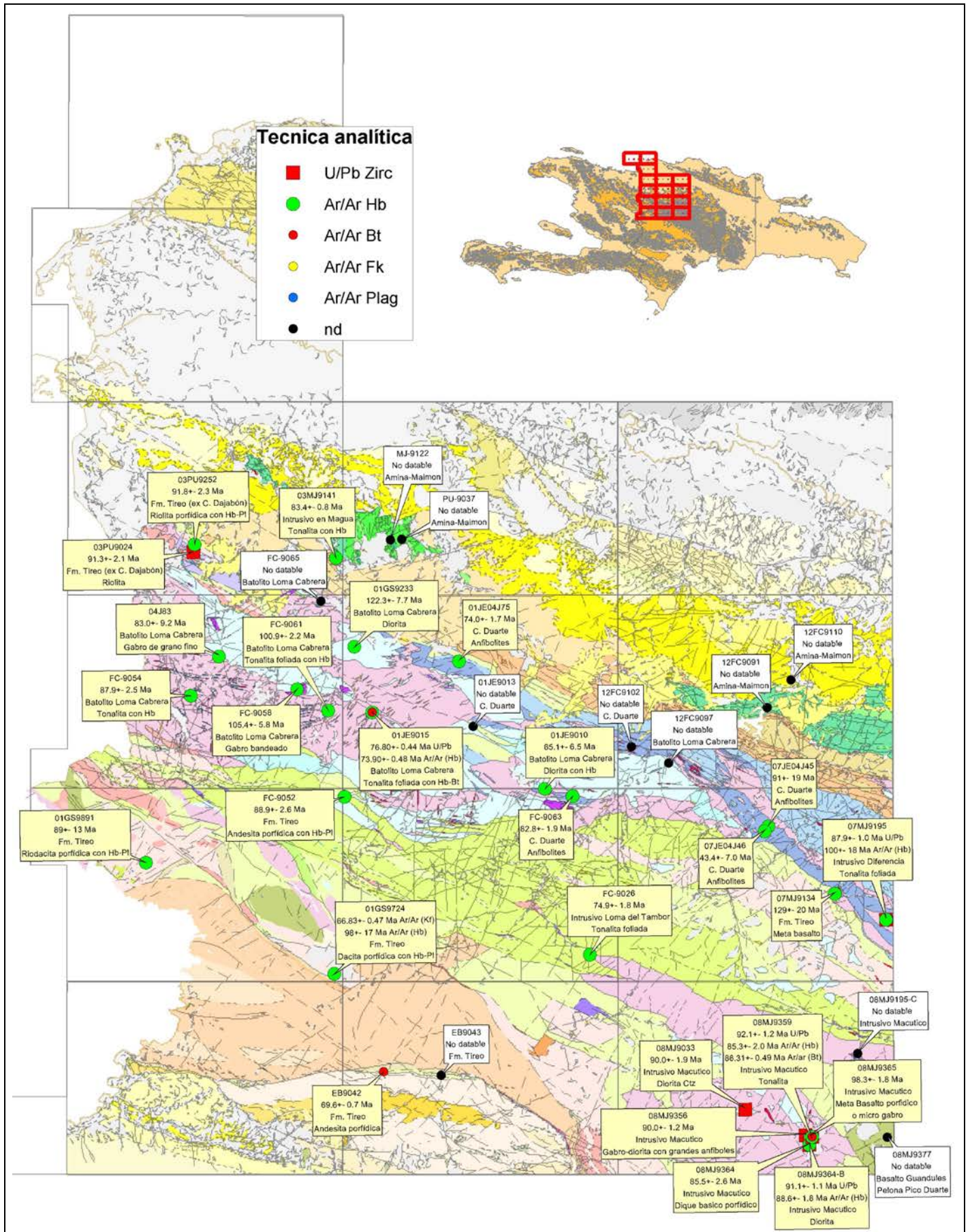


Fig. 29 - Síntesis geológica con las dataciones realizadas durante el proyecto K de Cartografía de la República Dominicana

Muestra	Lat. (WGS84)	Long. (WGS84)	Hoja	Formación/ Unidad	Litología	Método	Mineral	Edad (Ma)	Error (2σ; Ma)
EB9042	19,08840	-71,46240	ARROYO LIMON	Fm. Tireo	Andesita porfídica	Ar/Ar	Bt	69.6	0.7
03PU9024	19,53670	-71,63550	DAJABÓN	Fm. Tireo (ex C. Dajabón)	Riolita	U/Pb	Zirc	91.3	2.1
03PU9252	19,54330	-71,63460	DAJABÓN	Fm. Tireo (ex C. Dajabón)	Riolita porfídica con Hb-Pl	Ar/Ar	Hb	91.8	2.3
03MJ9141	19,53180	-71,50600	DAJABÓN	Intrusivo en Magua	Tonalita con Hb	Ar/Ar	Hb	83.4	0.8
07MJ9195	19,21948	-71,00618	DIFERENCIA	Intrusivo Loma del Tambor	Tonalita foliada	U/Pb	Zirc	87.9	1.0
07MJ9195	19,21948	-71,00618	DIFERENCIA	Intrusivo Diferencia	Tonalita foliada	Ar/Ar	Hb	100	18
07MJ9134	19,24183	-71,05270	DIFERENCIA	C. Duarte	Meta basalto	Ar/Ar	Hb	129	20
07JE04J45	19,30003	-71,11297	DIFERENCIA	C. Duarte	Anfibolites	Ar/Ar	Hb	91	19
07JE04J46	19,29580	-71,11624	DIFERENCIA	C. Duarte	Anfibolites	Ar/Ar	Hb	43.4	7.0
FC-9052	19,32590	-71,49790	JICOMÉ	Fm. Tireo	Andesita porfídica con Hb-Pl	Ar/Ar	Hb	88.9	2.6
FC-9063	19,32630	-71,29070	JICOMÉ	C. Duarte	Anfibolites	Ar/Ar	Hb	82.8	1.9
FC-9026	19,18970	-71,27520	JICOMÉ	Intrusivo Loma del Tambor	Tonalita foliada	Ar/Ar	Hb	74.9	1.8
01JE9010	19,33270	-71,31600	JICOMÉ	Batolito Loma Cabrera	Diorita con Hb	Ar/Ar	Hb	65.1	6.5
08MJ9033	19,05589	-71,13433	LAMEDERO	Intrusivo Macutico	Diorita Ctz	U/Pb	Zirc	90.0	1.9
08MJ9356	19,03342	-71,07969	LAMEDERO	Intrusivo Macutico	Gabro-diorita con grandes anfíboles	U/Pb	Zirc	90.0	1.2
08MJ9364	19,02521	-71,07636	LAMEDERO	Intrusivo Macutico	Dique basico porfídico	U/Pb	Zirc	85.5	2.6
08MJ9364-B	19,02521	-71,07636	LAMEDERO	Intrusivo Macutico	Diorita	U/Pb	Zirc	91.1	1.1
08MJ9364-B	19,02521	-71,07636	LAMEDERO	Intrusivo Macutico	Diorita	Ar/Ar	Hb	88.6	1.8
08MJ9365	19,03235	-71,07530	LAMEDERO	Intrusivo Macutico	Meta Basalto o micro gabro	Ar/Ar	Hb	98.3	1.8
08MJ9359	19,03217	-71,07385	LAMEDERO	Intrusivo Macutico	Tonalita	U/Pb	Zirc	92.1	1.2
08MJ9359	19,03217	-71,07385	LAMEDERO	Intrusivo Macutico	Tonalita	Ar/Ar	Hb	85.3	2.0
08MJ9359	19,03217	-71,07385	LAMEDERO	Intrusivo Macutico	Tonalita	Ar/Ar	Bt	86.31	0.49
FC-9054	19,41290	-71,63770	LOMA DE CABRERA	Batolito Loma Cabrera	Tonalita con Hb	Ar/Ar	Hb	87.9	2.5
FC-9058	19,41860	-71,54110	LOMA DE CABRERA	Batolito Loma Cabrera	Gabro bandeado	Ar/Ar	Hb	105.4	5.8
FC-9061	19,40030	-71,51290	LOMA DE CABRERA	Batolito Loma Cabrera	Tonalita foliada con Hb	Ar/Ar	Hb	100.9	2.2
04J83	19,44689	-71,61216	LOMA DE CABRERA	Batolito Loma Cabrera	Gabro de grano fino	Ar/Ar	Hb	83.0	9.2
01GS9891	19,26880	-71,67820	RESTAURACIÓN	Fm. Tireo	Riodacita porfídica con Hb-Pl	Ar/Ar	Hb	89	13
01GS9724	19,17322	-71,50724	RESTAURACIÓN	Fm. Tireo	Dacita porfídica con Hb-Pl	Ar/Ar	Fk	66.83	0.47
01GS9724	19,17322	-71,50724	RESTAURACIÓN	Fm. Tireo	Dacita porfídica con Hb-Pl	Ar/Ar	Hb	98	17
01GS9233	19,45552	-71,48904	SANTIAGO RODRÍGUEZ	Batolito Loma Cabrera	Diorita	Ar/Ar	Hb	122.3	7.7
01JE9015	19,39870	-71,47270	SANTIAGO RODRÍGUEZ	Batolito Loma Cabrera	Tonalita foliada con Hb-Bt	Ar/Ar	Hb	73.90	0.48
01JE9015	19,39870	-71,47270	SANTIAGO RODRÍGUEZ	Batolito Loma Cabrera	Tonalita foliada con Hb-Bt	Ar/Ar	Bt	76.80	0.44
01JE04J75	19,44263	-71,39383	SANTIAGO RODRÍGUEZ	C. Duarte	Anfibolites	Ar/Ar	Hb	74.0	1.7

**Tabla 7 - Dataciones absolutas realizadas en el proyecto K de Cartografía de la República Dominicana**



## 4. TECTONICA

### 4.1. Contexto geodinámico de la isla La Española



Fig. 30 - Contexto geodinámico de la placa Caribe (según Draper y Gutierrez-Alonso, 1997)

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 *et al.*, 1991b). o Arco de Isla Circum-Caribeño (Burke, 1988). 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 área del Pacífico, a partir del (Jurásico Superior?)-Cretácico Inferior (Mann *et al.* 1991 b), como un arco volcánico más o menos continuo, el cual migró hacia el este durante el Cretáceo Superior y parte del Terciario, hasta alcanzar su posición actual en la región del Caribe (Pindell & Barrett, 1990, Pindell, 1994). Los procesos relacionados con el desarrollo y evolución de este arco en el segmento (del valle del Cibao, de la Cordillera Central, de la Cordillera Septentrional) de la isla de La Española (y, especialmente, en sus estadios finales, iniciales,) son los que conforman el cuerpo fundamental de este capítulo.

La Española, conjuntamente con Puerto Rico, constituye una unidad que puede interpretarse como una microplaca, limitada al norte por una zona de subducción con

desplazamiento oblicuo a su traza, y al sur, por otra zona de subducción incipiente a la que se asocia la Fosa de los Muertos (Byrne *et al.*, 1985; Masson & Scanlon, 1991; Fig. 30). 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 sinistro, que acomodan el desplazamiento hacia el este de la Placa del Caribe en relación con Norteamérica (Mann *et al.*, 1991).

La subducción intraoceánica durante el Cretáceo Inferior, en los terrenos actualmente situados al norte de la Falla de La Española, una gran falla de desgarre que separa los dominios de Amina-Maimón y de la Cordillera Central, daría lugar a la formación de un arco isla primitivo, durante el Aptiano-Albiano (Draper *et al.*, 1996), así como un cambio composicional desde series N-MORB hacia series toleíticas (Lewis *et al.*, 1995).

En el Cretáceo Superior, en los terrenos situados al sur de la Falla de la Española, la subducción hacia el sur produce un importante magmatismo que da lugar por una parte a un nuevo arco volcánico (Arco II, representado por la Formación Tireo) y numerosas intrusiones gabro-diorítico-tonalíticas, así como un engrosamiento de la corteza oceánica y formación de una meseta oceánica, representada por la Formación Siete Cabezas con una edad equivalente a la de la Meseta Caribeña (Lewis *et al.*, 2002). Las rocas ígneas del segundo arco volcánico ("Arco II") pertenecen a series toleíticas de arco primitivo pasando en el tiempo a series calco-alcalinas, típicas de un estadio más maduro, con gran espesor de la corteza.

El margen meridional de la Isla de la Española y Puerto Rico ha pasado desde comportarse como una trasera de arco al comienzo del Eoceno, a constituir en la actualidad un margen activo con subducción de la corteza oceánica del Caribe bajo el arco de islas Circum-Caribeño (Burke *et al.*, 1978; Burke, 1988; Dolan *et al.*, 1991).

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

A partir del Eoceno Medio cesa la actividad magmática en el sector del arco correspondiente a las Antillas Mayores, pero continúa la deformación producida por importantes fallas con

desgarres sinistros, principalmente, con apertura de cuencas locales e intensa fracturación hasta la actualidad. En cambio, en las Antillas Menores la actividad magmática continúa hasta la actualidad, debido a la subducción del fondo oceánico atlántico en la Fosa de Barbados (Pindell & Barret, 1990; Pindell, 1994)

El movimiento relativo hacia el este de la Placa Caribeña respecto a la Placa Norteamericana, se acomoda en el margen septentrional de la isla de La Española por la zona de subducción de la fosa de Puerto Rico y por la falla Septentrional, en un tipo de articulación en el que se conjugan la convergencia oblicua, en la primera y los movimientos de desgarre sinistro, en la segunda (Dolan & Mann, 1998; Dolan *et al.*, 1998).

#### **4.2. Marco geológico-estructural de la zona de estudio**

La zona estudiada por el Proyecto K puede ser subdividida en varios dominios o unidades estructurales subparalelas (Fig. 4, Fig. 31 y

Fig. 32), elongadas según una dirección ONO-ESE, que en parte recoge la subdivisión de la Isla de La Española propuesta por Mann *et al.* (1991).

En la hoja de Restauración afloran materiales pertenecientes a los dominios de la Cordillera central y del Cinturón de Trois Rivières-Peralta.

El dominio de la Cordillera Central está constituido fundamentalmente por rocas de la Formación Tireo y el Complejo Duarte afectadas por importantes intrusiones, representadas en el área del proyecto K por los batolitos de Loma de Cabrera y Macutico. Este dominio puede ser subdividido en tres subdominios (Escuder Viruete, 2004a); el subdominio Septentrional, situado al norte de el batolito de Loma Cabrera, el Subdominio Central constituido por el batolito de Loma de Cabrera y su aureola de metamorfismo, y el Subdominio Meridional situado al Sur del batolito de Loma de Cabrera. El Subdominio Meridional, único representado en la Hoja de Restauración, presenta una importante intrusión (batolito de Macutico y macizo de la Loma del Tambor) y esta afectado por dos grandes fallas transpresivas, la falla de La Bonao-Guácara y la falla de Macutico-Burende.

El dominio del Cinturón de Trois Rivières-Peralta está comprendido entre las fallas de San José-Restauración y de San Juan-Los Pozos (Fig. 4). La falla de San José-Restauración, definida por Mann *et al.* (1991), es una gran desgarre sinistro que, al menos en algunos puntos tiene un componente inverso.

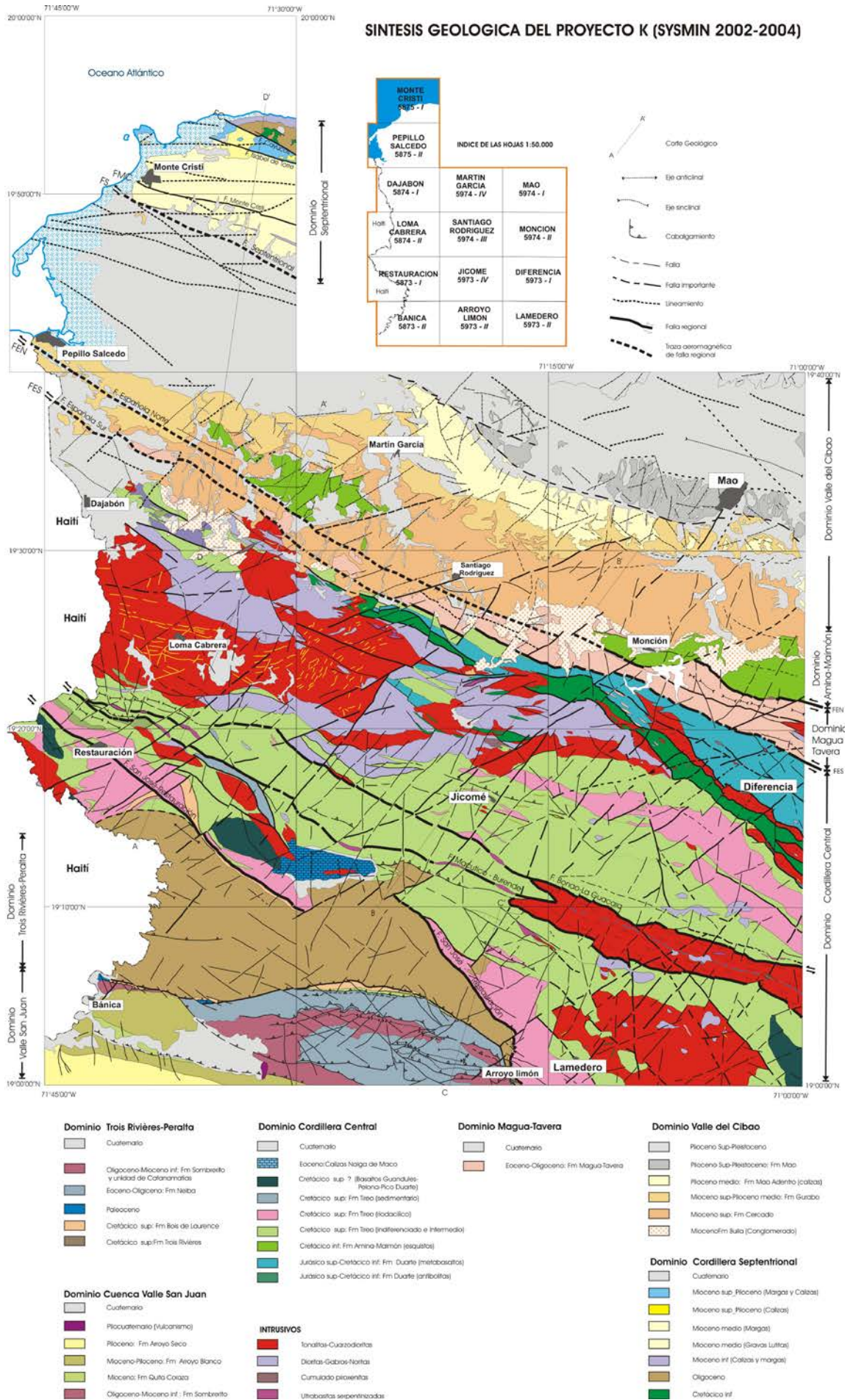
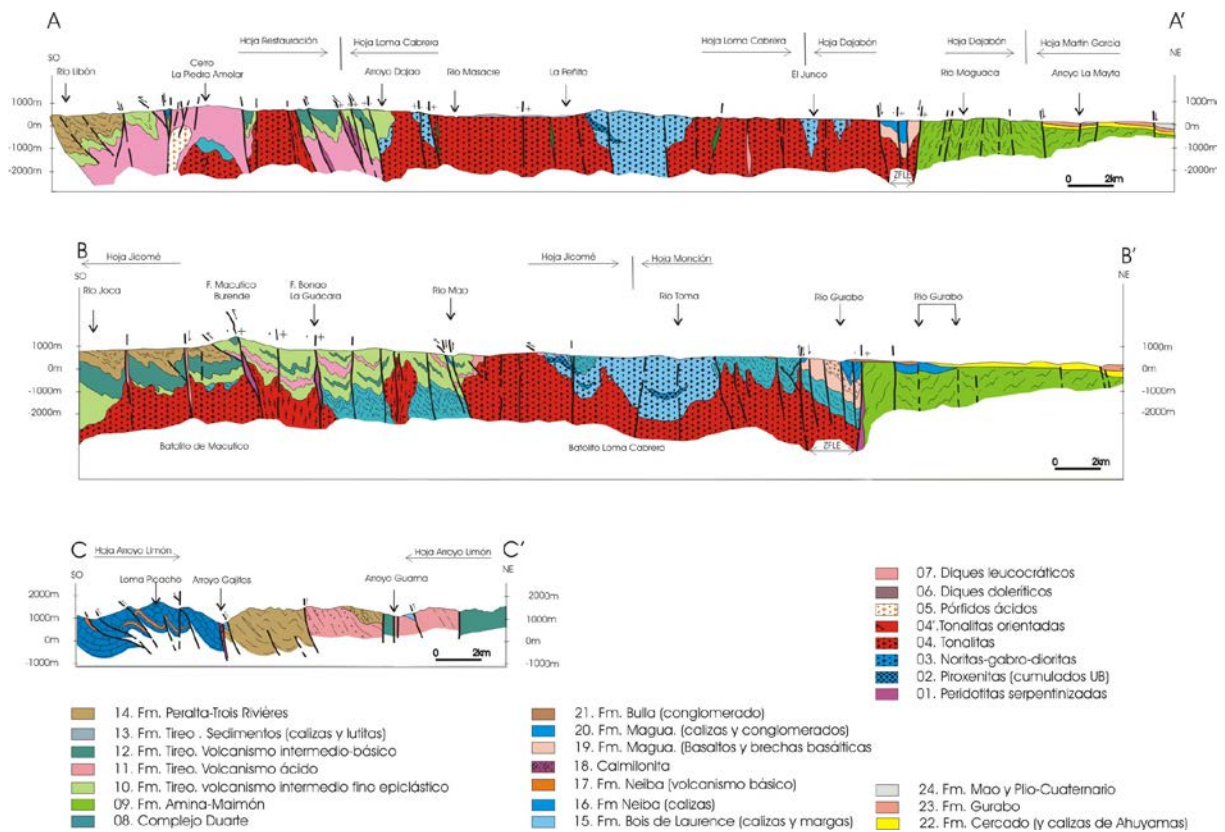


Fig. 31 - Síntesis geológica y tectónica del proyecto K con la situación de las 14 Hojas



**Fig. 32 -Cortes geológicos sintéticos de la zona del proyecto K**

La falla de San Juan-Los Pozos fue definida por Michael y Lewis (1980) y es considerada como una zona de falla por Ruth (1989). Este autor sitúa la zona de falla en el sector de las hojas de Bánica y Arroyo Limón por detrás de la Sierra de Catanamatías, el Bloque Estructural de Yacahueque de Michael y Lewis (1980). Teniendo en cuenta por una parte que el estilo estructural de la Sierra de Catanamatías es similar al que presentan los materiales de la Formación Trois Rivières, y que las calizas de la Formación Neiba parecen iniciar en el extremo Este de la sierra un cambio hacia facies similares a las de la Formación El Numero del grupo Peralta, parece más razonable incluir la sierra de Catanamatías en el dominio de Trois Rivières-Peralta.

### **4.3. Estructura de la Hoja**

A la escala del Proyecto K, el conjunto litológico a deformar está constituido por:

- una unidad inferior, el Complejo Duarte (Jurásico Superior-Cretácico Inferior) y un conjunto volcanosedimentario, la Fm Tireo (Cretácico Superior), intruidos por multitud de cuerpos intrusivos de dimensiones variables, hasta batolitos (Loma Cabrera, El Bao y Macutico),
- y un conjunto superior sedimentario (Cretácico Superior-Eoceno), la Fm Trois Rivières, al sur de la Cordillera Central.

En la Hoja de Restauración, sólo se encuentran el arco volcánico constituido por la Fm Tireo y el conjunto sedimentario de la Fm Trois Rivières.

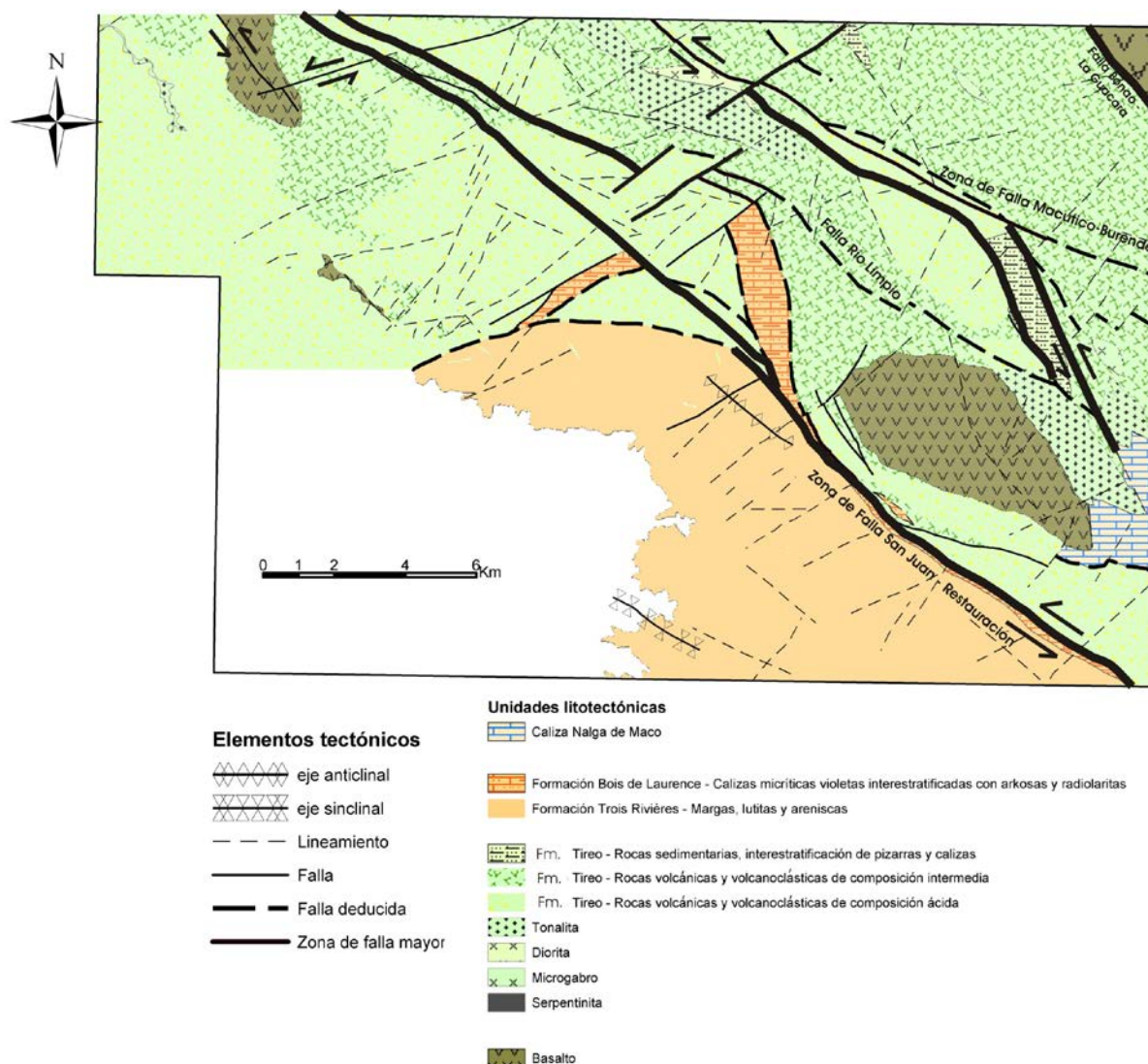
Las principales estructuras y unidades tectónicas del mapa de Restauración están definidas en el esquema estructural de la Fig. 33 y en los cortes asociados al mapa.

En la parte norte (dominio Cordillera Central) la Fm Tireo se caracteriza por una deformación frágil subrayada por:

- pliegues de intensidad variable (amplios a muy agudos), con eje subhorizontal y vergencia globalmente sur,
- fallas regionales y locales típicas de un sistema transpresivo sinistro.

En la parte sur, el dominio Trois Rivières-Peralta está separado del dominio de la Cordillera Central por la falla San José-Restauración con movimiento de desgarre sinistro.

Localmente se observa la discordancia de la Fm Trois Rivières sobre la Fm Tireo. El estilo de deformación de la Fm Trois Rivières corresponde a pliegues cilíndricos, amplios, truncados por fallas muy verticalizadas, principalmente de desgarre.



**Fig. 33 - Esquema estructural de la Hoja de Restauración**

En lo que sigue, serán estudiados los tipos de estructuras que afectan los dominios de la Cordillera Central y Peralta Trois Rivières, así como las relaciones estructurales entre ambos. Se tratará también de la posición particular de las calizas de Nalga de Maco.

El trazado y la comprensión de las fallas y lineamientos del mapa se deducen del análisis de las fotos aéreas, de las imágenes de satélite (LandSat TM y Radar), de los contrastes de anomalías magnéticas, del análisis topográfico y de las observaciones de terreno.

#### 4.3.1. Estructura de la Fm Tiroo (Dominio de la Cordillera Central)

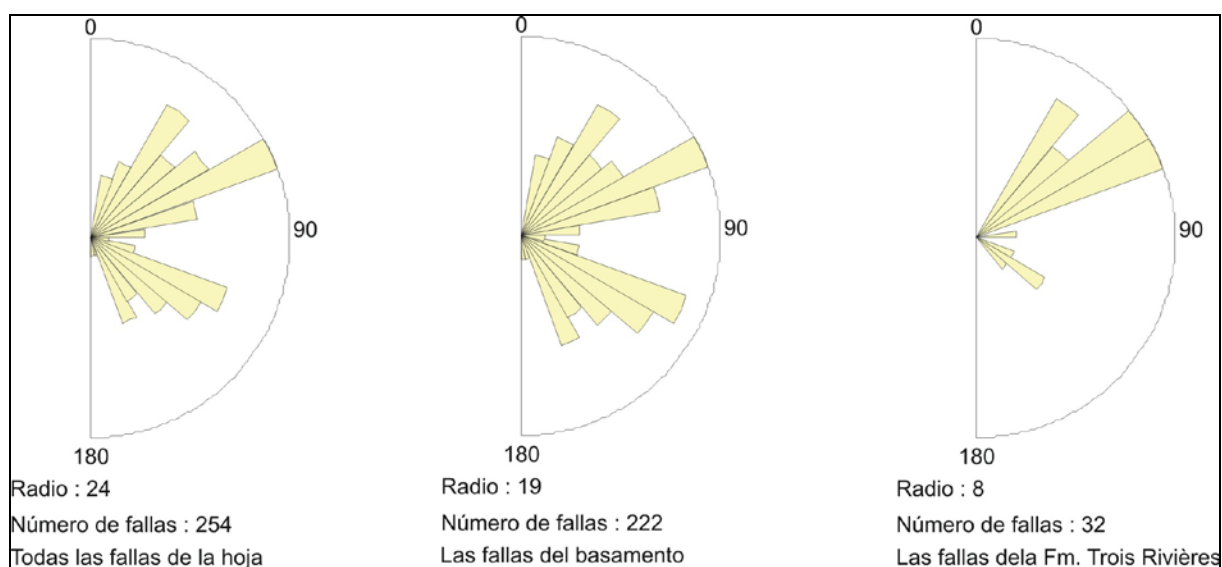
La Fm Tiroo es la más antigua (Cretácico Superior) de la Hoja de Restauración.

Se trata de una formación bastante bien conocida, desde el punto de vista litológico pero son muy escasas y locales las referencias a su estructura interna, para lo cual se ha utilizado el trabajo de síntesis de Lewis *et al.* (1991).

Si a la escala del Proyecto K las rocas volcano-sedimentarias de la Fm Tireo están localmente afectadas por una deformación penetrativa, no es el caso en la Hoja de Restauración donde las rocas de la Fm Tireo están desprovistas de esquistosidad, salvo localmente a lo largo de accidentes mayores. En cambio, se observa una deformación frágil y de plegamiento.

En el mapa de Restauración, existen tres direcciones principales de fracturación (Fig. 33 y Fig. 34) :

- La dirección NO-SE, representadas en particular por las fallas principales del mapa, concordantes con la orientación preferente de los macizos intrusivos. Pero, hay que notar, de aquí en adelante, que si esta dirección está particularmente bien marcada en el seno del “zócalo”, está casi ausente de la “cobertera” (ver distribución de las fallas en la Fm Trois Rivières; Fig. 34)
- Las direcciones N70 et N30-40°E que corresponden a unas fallas de menor importancia frecuentemente poco visibles o invisibles en el terreno, pero marcadas por unos lineamentos en fotos aéreas o en imágenes de satélite.



**Fig. 34 - Frecuencia y distribución de las fallas en la Hoja de Restauración**



Finalmente, aunque sea difícil observarlos en el terreno, unos pliegues afectan la Fm Tireo. Los principales accidentes regionales y el plegamiento de la Fm Tireo serán descritos a continuación.

#### 4.3.1.1. Los principales accidentes regionales

Los principales accidentes de la Hoja son las fallas Bonao-Guácara, Macutico-Burende y San José-Restauración, todas con dirección preferencial N0-SE.

##### 4.3.1.1.1. Falla de Bonao-Guácara

El termino de falla de Bonao-Guácara está citado por Mann *et al.*(1991a) y constituye para esos autores el accidente principal que delimita los “terrenos” Duarte y Tireo. En la Hoja de Restauración, sólo aparece en el rincón NE. Esta falla forma el escarpe S de la loma Peña Blanca, limitando al sur las epiclastitas de la Fm Tireo de los basaltos y pórfidos gabróticos que podrían ser atribuidos al Complejo Duarte al N.

Las observaciones estrictas de esta falla en la Hoja de Restauración no permiten conocer su naturaleza y su cinemática. Los datos que provienen de las hojas vecinas (Jicomé y Loma de Cabrera y Lamedero), muestran que esta falla representa un desgarre sinistro regional, jalonado de escamas de rocas ultrabásicas serpentinizadas.

El trazado relativamente recto en las imágenes aéreas indica que se trata de una falla con un buzamiento fuerte.

##### 4.3.1.1.2. Falla Macutico – Burende

La falla Macutico – Burende atraviesa las hojas de Lamedero, Diferencia, Jicomé y Restauración. La localidad de Burende está ubicada en la Hoja de Jicomé y Macutico es el nombre del macizo tonalítico de la Hoja de Lamedero; en estas dos hojas, la falla es muy nítida, tanto en las imágenes aeroportadas que en el terreno.

Dentro de la Hoja de Restauración, esta zona fallada forma un verdadero conjunto de fallas de 3-4 km de ancho, visible también en las imágenes y en el campo. Las fallas están principalmente localizadas a la interfaz entre los sedimentos y los depósitos volcanoclásticos de la Fm Tireo; todas las facies están afectas. Al N de la Hoja, se nota el jalonamiento de cuerpos UB serpentinizados, asociados a esta zona de falla. El fuerte buzamiento, en general hacia al N, deducido del trazado muy recto en las imágenes, está confirmado por las medidas de campo.

Las observaciones son particularmente buenas en las carreteras Río Limpio - La Tayota y las Rosas-la Jagua. En los dos casos, se marcan con zonas brechificadas pluridecamétricas

con “gouges” arcillosas decimétricas a métricas. La observación de estrías subhorizontales y “peces” muestra que se trata esencialmente de un desgarre sinistro.

#### 4.3.1.1.3. Falla San José – Restauración

La falla de San José – Restauración es conocida en la literatura como la falla que separa los terrenos sedimentarios de la cuenca de Trois Rivières - Peralta de los de la Fm Tireo (e.g. Lewis *et al.*, 1991; Dolan *et al.*, 1991)

La anchura de esta zona puede alcanzar 1 km en el ángulo SE de la Hoja de Restauración con numerosos accidentes frágiles subparalelos. De los Magueyes hasta el Cerro la Colonia, esos accidentes muestran trazados rectos característicos de fallas subverticales. En el terreno, corresponden a zonas brechificadas plurimétricas a decamétricas que afectan tanto las litologías de la Fm Tireo como la de la unidad Bois de Laurence (Foto 39). Los espejos de fallas presentan constantemente unas estrías horizontales o poco inclinadas hacia NE, características de falla senestra con localmente una componente inversa.

A partir del Cerro la Colonia, la interpretación de los datos aeroportados y de satélite sugieren una separación en dos ramales.



Foto 39 - Zona brechificada con desarrollo de “gouge” al nivel de la falla San José – Restauración  
(Lat=19,18222; Long=-71,53229)

El ramal N prolonga el desgarre sinistro descrito más arriba. En el terreno, se vuelve a encontrar la expresión de esta falla en los alrededores N y S del pueblo de Restauración donde sólo afecta las litologías de la Fm Tireo y en particular las tobas cristalinas grises, localmente totalmente brechificadas. Figuras de tipo Riedle y estrías subhorizontales confirman el movimiento sinistro de este desgarre.

El ramal S es más interpretativo y está representado como tal en el mapa (Ver detalle § 4.3.3).

#### 4.3.1.2. Las fracturas secundarias

Numerosas fracturas, observables esencialmente en las fotos aéreas e imágenes de satélite, aparecen oblicuas o cortan claramente los accidentes mayores.

Se trata de:

- fracturas de dirección NO-SE que presentan un ángulo de 20 à 30°E con las fallas mayores. Es el caso, por ejemplo, de la falla de Río Limpio, oblicua con las fallas de San José-Restauración y Macutico-Guácara,
- numerosas fracturas de dirección N70°E et N30-40°E que cortan claramente los accidentes principales.

Esos accidentes nunca presentan un movimiento importante cuando se observan en el terreno.

#### 4.3.1.3. Los pliegues

Dentro de la Fm Tireo, los pliegues se observan con dificultad en el campo, debido a la naturaleza misma de la litología y a la falta de niveles guías.

Algunas medidas y la organización cartográfica local permiten sin embargo identificar esas estructuras. Así, a 2.5 km al SO de Restauración, las medidas estructurales en las tobas de lapili de acreción muestran claramente una estructura de cierre periclinal con eje poco inclinado y dirección principal NO-SE. La organización de las estratificaciones en las cineritas, tobas y coladas ácidas en la zona de Sabana Clara sugieren el mismo tipo de pliegues.

Del pueblo de Restauración hasta el borde N de la Hoja, un conjunto constituido, de muro a techo, por lapili de acreción, tobas cristalinas grises de composición intermedia, brechas volcánicas ácidas, forma un sinclinal con eje siempre de dirección NO-SE.

Por fin, dentro de las epiclastitas del ángulo NE del mapa, los niveles de cherts subrayan localmente pliegues « en chevrons » con vergencia sur (Foto 19).

#### **4.3.2. Estructura de la Fm Trois Rivières (Dominio de la Cordillera Central y Dominio Trois-Rivières-Peralta)**

Aunque más al SE, el conjunto sedimentario de la Fm Trois Rivières (Eoceno) es bastante bien conocido, no hay estudios estructurales detallados para esta parte de la cuenca, excepto los trabajos realizado del lado haitiano (Boisson, 1987).

A la escala del mapa, dos direcciones principales de accidentes están identificadas (Fig. 33 y Fig. 34) : Se trata de direcciones ya observadas en la Fm Tireo:

- La dirección NO-SE representada esencialmente por la falla San-José – Restauración
- Las direcciones N70°E et N30-40°E que corresponden a fallas de menor importancia.

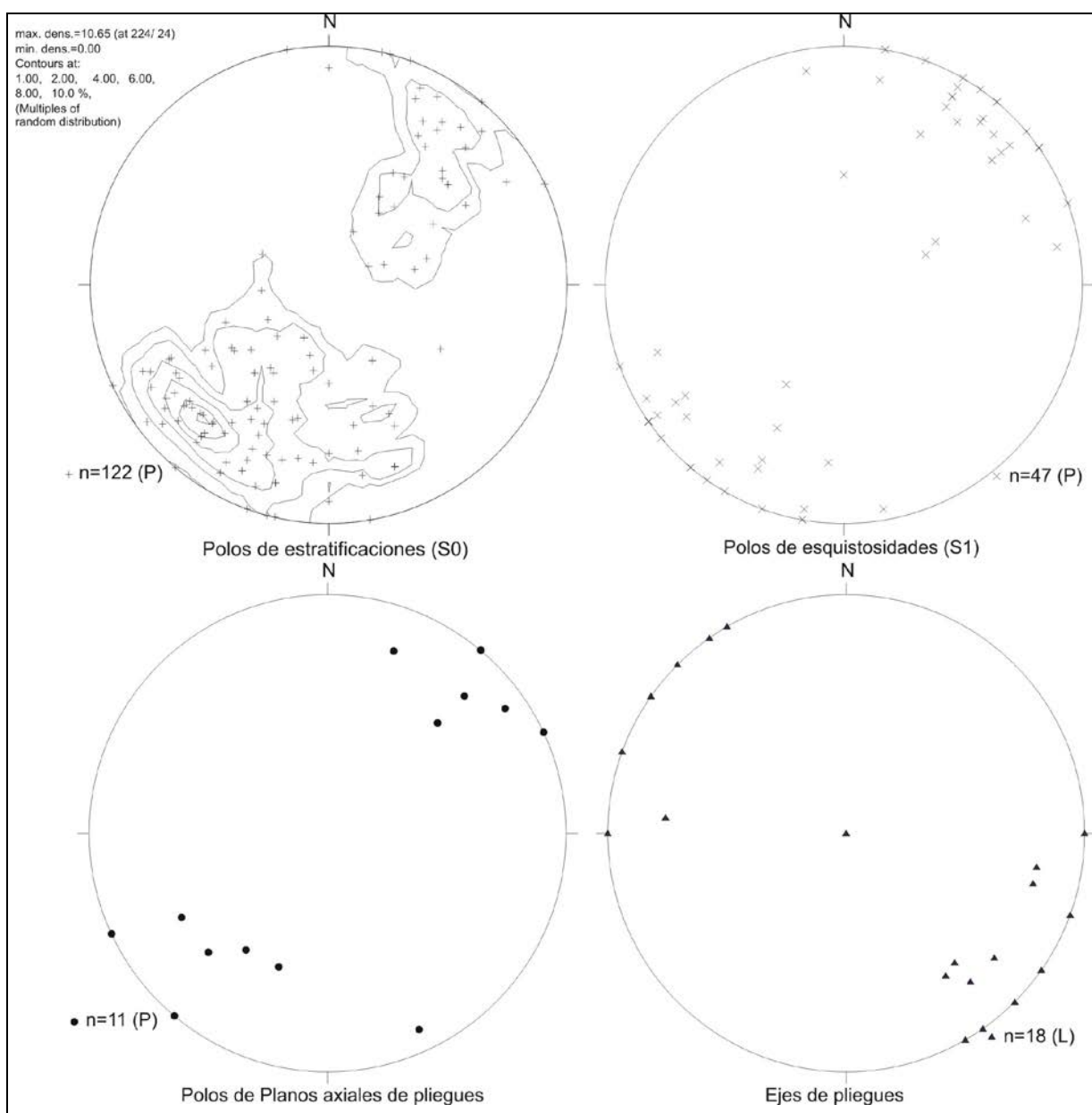
Por otra parte, la monotonía de las facies no es favorable a la observación de las estructuras en el terreno y es muy probable que la cartografía de las fallas esté minimizada.

#### 4.3.2.1. Los pliegues

La totalidad de la Fm Trois Rivières está afectada por pliegues. Cartográficamente los niveles arenosos marcan bien las charnelas de esos pliegues.

La unidad de Aguamite y particularmente las lutitas con tramos finos, milimétricos a centimétricos, de areniscas y pequeños niveles de carbonatos, marcan muy bien los pliegues de la Fm Trois Rivières.

El desarrollo de una esquistosidad (Foto 26) y las relaciones estratificación/esquistosidad muestran claramente la organización en pliegues cilíndricos (Fig. 35) con ejes de dirección media N130°E, subhorizontales. La distribución en plano axial de la esquistosidad marca el carácter sin-esquistosidad de la deformación. Las observaciones a la escala del afloramiento confirman la presencia de esos pliegues y muestran también pequeños pliegues “en chevrons”, localmente bastante agudos (Foto 40), que pasan a pliegues más amplios. La observación frecuente de estos pliegues “en chevrons”, el trazado recto de sus flancos y los ángulos relativamente agudos entre flancos traducen un acortamiento importante.



**Fig. 35 - Estereógrama (equal área, hemisferio inferior) estratificaciones, esquistosidades y pliegues observados en la Fm Trois Rivières**

Localmente, algunas charnelas de pliegues están truncadas por pequeños desgarres sinistros (Foto 41). Dos hipótesis pueden ser examinadas :

- pliegues anteriores a los desgarres
- pliegues síncronos (pliegues “en échelons”).

No se puede concluir por el momento ; sin embargo hay que notar que las orientaciones de los ejes de pliegues respecto a la de los accidentes sinistros son compatibles con la segunda hipótesis.



Foto 40 - Pliegue “en chevron” relativamente cerrados en la Fm Trois Rivières (Lat=19,1933; Long=-71,57373)



Foto 41 - Pliegue mesoscopico fallado (Lat=19,16859; Long=-71,63471)

#### 4.3.2.2. Los principales accidentes regionales

La falla principal que afecta la Fm Trois Rivières es la falla San José – Restauración descrita en los § 4.3.1.1. y 4.3.3.

#### 4.3.2.3. Les fracturas secundarias

Fracturas secundarias, con dirección media N120°E y N40-70°E afectan tanto la Fm Tireo como la de Trois Rivières. Lo esencial de estas fracturas proviene de la interpretación de documentos aeroportados y ha sido poco observado en el campo.

Los escasos accidentes N120°E observados están fuertemente verticalizados. Cuando una cinemática ha podido ser determinada, muestra movimientos de desgarre y cabalgamiento inverso-sinistro.

Se nota por otra parte que en varios puntos (e.g. 01GS9622, 01GS9630, 01GS9653), numerosas fracturas o verdaderas grietas de tensión con relleno de calcita marcan accidentes N40-70°E. Estas grietas abiertas, no plegadas, de espesor centimétrico, subrayan un episodio distensivo. Esta dirección N40-70°E corresponde también a la dirección preferencial de diaclasas casi-ubicuistas.

#### 4.3.3. **Relación estructural Fm Tireo/Fm Trois Rivières**

Como descrito en el párrafo dedicado a las fallas, el contacto entre el “zócalo” (Fm Tireo) y “la cobertera” (Fm Trois Rivières) es un contacto fallado marcado por la traza de la falla San José – Restauración (Fig. 33), al menos en el tramo N130°E del ángulo SE del mapa.

Como se ha detallado en el § 4.3.1.1., a partir del Cerro La colonia, la falla San José - Restauración se divide en dos ramales. El ramal N, que ya ha sido descrito, no presenta ningún problema de observación o de interpretación.

El ramal S es más problemático. Desde la dirección inicial N130°E, sigue el contacto entre las Fm Tireo y Trois Rivières y se orienta hacia el O. Es a partir de una pequeña zona brechificada en el terreno y de los datos aeroportados, que un contacto fallado a sido mantenido al nivel de este contacto. Sin embargo, Boisson (1987) describe la Fm Trois Rivières yaciendo estratigraficamente sobre el "zócalo" volcano-sedimentario del lado haitiano de la frontera. Se nota también, que es en esta zona que una anomalía magnética positiva, característica de la Fm Tireo, se prosigue hacia el sur, por debajo la Fm Trois Rivières (Fig. 5), sugiriendo fuertemente que dicha Fm Trois Rivières se ha depositado por encima del conjunto volcano-sedimentario Tireo.

Dentro de la Hoja de Jicomé, la continuidad de dicha falla no está clara, asignándose a la fractura más meridional de la esquina suroccidental, pero en todo caso quedarían materiales de la Fm Trois Rivières al N de ella y en contacto paraconforme con la Fm Tireo, por lo que la formación, en esta Hoja, estaría a caballo entre los dos dominios considerados.

Teniendo en cuenta todas estas observaciones, esta configuración es sintomática del contacto estratigráfico discordante de la Fm Trois Rivières sobre la Fm Tireo, contacto probablemente removido localmente por falla.

#### **4.3.4. Calizas de Nalga de Maco**

Las calizas de Nalga de Maco forman una meseta suprayacente a todas las formaciones del entorno (Fm Tireo, tonalitas, Fm Trois Rivières). La cartografía, los cortes geológicos y las edades obtenidas (Eoceno-Mioceno) muestran que están por encima de la Fm Trois Rivières (Cretácico Superior-Eoceno). Una posible interpretación es que dichas calizas representan los últimos depósitos de tipo "onlap", tal como los depósitos de la Fm Trois Rivières, sobre el conjunto arco de isla, con términos estratigráficos cada vez más jóvenes desde la Fm Trois Rivières hasta las calizas Nalga de Maco.

El borde S de las calizas Nalga de Maco muestra una escarpe de 300 m de desnivel asociado al desarrollo de conos de derrubios que subrayan la traza de una falla muy joven.

#### **4.3.5. Síntesis estructural de la Hoja de Restauración**

Si a la escala del Proyecto K o de la República Dominicana, la Fm Tireo está afectada por una deformación fuerte y un metamorfismo asociado de intensidad variable, no es el caso en la Hoja de Restauración donde las facies volcánicas y volcano-sedimentarias sólo están

afectadas por una deformación frágil y plicativa. Es el caso también de la "cobertera" relativa formada por los sedimentos de la Fm Trois Rivières.

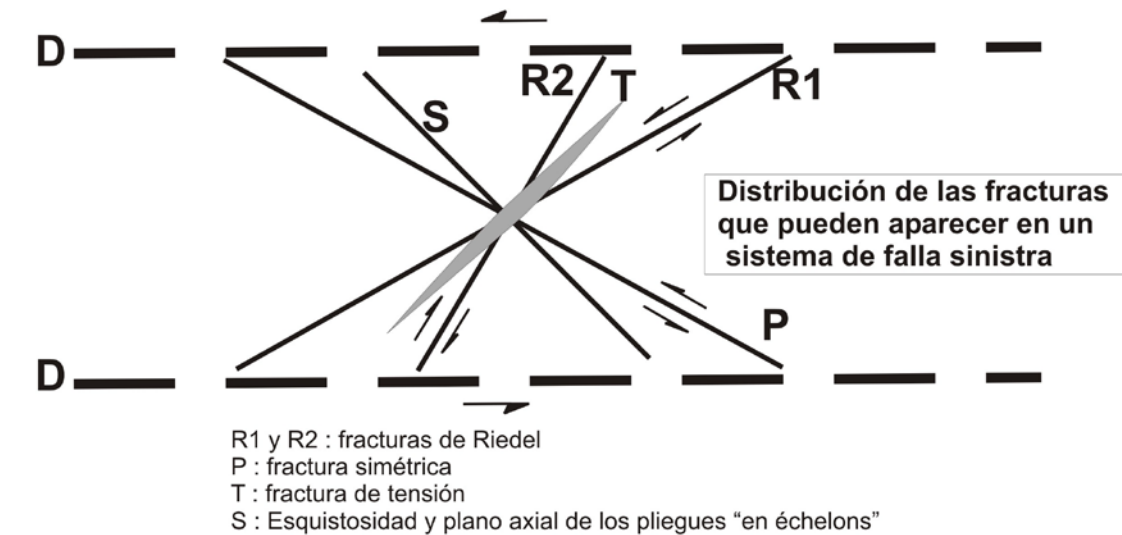


Fig. 36 - Modelo de fracturación en un sistema de desgarre sinistro

Así, la deformación visible es, ante todo, una deformación transpresiva con desarrollo de grandes fallas NO-SE senestras (Bona-Guácara, Macutico-Burende, San José–Restauración) asociadas o cortadas por fallas de menor importancia, ligeramente oblicuas sobre los accidentes principales o secantes y de dirección NE-SO a ENE-OSO. Estas



diferentes direcciones no se oponen. Así, la geometría del conjunto de los accidentes encontrados a la escala de la Hoja de Restauración podría explicarse con un sencillo sistema de desgarre. La Fig. 36 resume la naturaleza de los accidentes y la geometría relativa en un tal sistema de desgarre. La dirección principal de desgarre D es acompañada por dos direcciones conjugadas de fracturas R1 y R2 (fracturas de Riedel) y de una fractura P simétrica de R1. El esquema estructural (Fig. 36) muestra que la deformación observada a la escala de la Hoja de Restauración responde en gran parte a este tipo de sistema. Sólo los pliegues con ejes N130°E se integran más difícilmente en este sistema. Es posible que a pesar de una dirección de tensión principal SO-NE, explicando la orientación de los pliegues, el trazado de los desgarres observados reutiliza fallas o discontinuidades preexistentes.

Los criterios de edad de las estructuras descritas son demasiado parciales en la Hoja de Restauración para constreñir la cronología de la deformación. Los pliegues de esta hoja se siguen en las hojas vecinas de Bánica y Arroyo Limon (ver Bernárdez & Soler, 2004; Sanz & Soler, 2004) donde se han cartografiadas discordancias progresivas asociadas a la genesis de los mismos, de edad Oligoceno Superior, lo que representa solo el principio de la deformación. No se sabe si ya había pliegues y estructuras incipientes sin-Tireo.

Tampoco se sabe si las calizas de Nalga de Maco desarrollan grandes pliegues; solo se ve una pequeña meseta aislada en las esquinas de las hojas de Restauración, Jicomé y Arroyo Limon. Sin embargo, más al sur, rocas de esta edad están totalmente deformadas y plegadas al norte de la cuenca de San Juan (ver Hoja de Bánica).

En resumen, la mayor parte de la deformación de la Hoja es muy posterior al Cretácico. Con gran probabilidad los pliegues tuvieron su desarrollo inicial en el Oligoceno Superior y la deformación sobre todo fragíl llega hasta hoy.

## **5. GEOMORFOLOGÍA**

### **5.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA**

La Hoja de Restauración se halla en el extremo occidental de la Cordillera Central, y presenta una fisiografía muy accidentada, aunque sin alcanzar cotas muy elevadas. La hoja no se eleva nunca por encima de los 1800 m, con su punto dominante en la Loma de Nalga de Maco, cerca de su extremo oriental, con 1750 msnm. De esta forma, la topografía presenta tendencia a descender hacia el W, a medida que se manifiestan los últimos relieves ligados a la Cordillera Central. El punto más deprimido de la hoja se halla a 320 msnm, donde el río Artibonito abandona la hoja cerca de su esquina SW.

El relieve es en general más abrupto y más elevado en la mitad oriental de la hoja. La red de drenaje de la hoja se dispone tributaria del Río Artibonito, que fluye hacia el sur atravesando la hoja desde su extremo superior a la esquina suroccidental.

De esta forma, la red hidrográfica local drena, a grandes rasgos, de este a oeste a través del Vallesito, principalmente, y de norte a sur por el Artibonito, al oeste del cual se extiende la República de Haití, afluido por aquellos tres.

### **5.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO**

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

#### **5.2.1. Estudio morfoestructural**

La hoja pertenece a la unidad morfoestructural de rango mayor: de la Cordillera Central. La Cordillera Central es el principal sistema montañoso de la isla y puede considerarse constituida por un macizo central y tres ramas principales. La Hoja de Restauración comprende relieves pertenecientes al denominado macizo del Noroeste DE LA FUENTE (1976).

##### **5.2.1.1. Formas estructurales**

En la mitad meridional de la hoja son frecuentes los relieves estructurales desarrollados a favor de la diferencia de competencia existente entre los materiales del sustrato. Los pequeños relieves corresponden a capas de areniscas (Cerro La Colonia) que suelen

presentar vagas estructuras monoclinales donde las líneas de capa están bien representadas. También pueden aparecer superficies estructurales como las de Loma Nalga de Maco. Los límites de las superficies estructurales pueden ser muy abruptos mostrando escarpes estructurales más o menos importantes.

En la Cordillera Central aparecen diversas morfologías relacionadas con el trazado de fallas, algunas con expresión morfológica clara. Corresponden a fallas normales y desgarres cuya longitud puede superar 10 km; algunos de éstos parecen responder al rejuego de fallas inversas. También se han identificado cabalgamientos con expresión morfológica como el que afecta la propia formación Trois Rivières –

En ocasiones, la presencia de rasgos morfológicos parece estar condicionada por una falla, sin que se tenga la total certeza de su existencia; en otras, las fallas parecen encontrarse bajo depósitos cuaternarios sin afectarlos, habiéndose representado en ambos casos como fallas supuestas.

Otras formas estructurales tales como crestas, barras rocosas y resaltes estructurales subverticales, cerros cónicos (Pan de Azúcar) están derivadas de la diferente respuesta de la litología a los agentes externos y/o a la existencia de diques que al ser sometidos a erosión diferencial configuran.

### **5.2.2. Estudio del modelado**

El modelado de la Cordillera 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.

#### **5.2.2.1. Formas gravitacionales**

Los movimientos en masa son uno de los procesos geomorfológicos dominantes en los trópicos. Su abundancia en la Cordillera Central, se ve favorecida por los importantes desniveles existentes, adquiriendo un notable desarrollo en algunas zonas, especialmente los deslizamientos en torno a la Loma de los Guandules, Cerro de la Yerba Paez y Cerro de la Piedra de Amolar entre otros. Pese a ello, se trata de formas efímeras, ya que la propia dinámica de retroceso de las vertientes provoca su permanente evolución.

Otras formas identificadas son los coluviones, formados como respuesta al desequilibrio provocado en las laderas por la erosión fluvial. A pesar a los desniveles existentes en el ámbito de la Cordillera Central, no se trata de formas excesivamente extendidas ni de

grandes dimensiones, en buena parte como consecuencia de la propia dinámica de retroceso de las vertientes, que provoca su permanente evolución.

#### 5.2.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial

Son las formas con mejor representación cartográfica de toda la zona. Su cartografía permite asimismo y de forma complementaria una detallada caracterización de la red de drenaje.

Los fondos de valle aparecen en la Cordillera Central. Estas formas suelen quedar delimitadas por rupturas de pendiente, más o menos pronunciadas, cóncavas, en ambas orillas a lo largo de su curso. Pueden presentar drenaje en su parte media o no. Cuando el drenaje incide el fondo de valle se ha cartografiado como incisión lineal. Es frecuente que los fondos de valle hayan sido habilitados 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.

Se han identificado unos niveles de terrazas (río Artibonito, río Neyta) aunque sus tamaños y distribuciones, así como la escala de trabajo a dificultado su representación.

Entre las formas erosivas se han reconocido: marcas de incisión lineal, ampliamente representadas en la Cordillera Septentrional y aristas divisorias. Estas formas son las más ampliamente representadas de la zona. El proceso erosivo ha dado lugar a: gargantas, cañones y rápidos, como los que muestra el Artibonito al cruzar la Cordillera Central; pérdidas de drenaje, frecuentes en las zonas kársticas; aristas, que poseen una notable representación; divisorias montañosas redondeadas, representadas en el macizo tonalítico; y cárcavas, poco frecuentes debido a la elevada proporción de materiales competentes, pudiendo aparecer aisladas o en áreas acaravadas, habiéndose conservado en algunas ocasiones su cabecera.

#### 5.2.2.3. 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 y las superficies de erosión que aparecen en la hoja.

Por último en la hoja de Restauración también se han identificado relieves residuales o monadnoks que responden a sierras, crestas y cerros o colinas aislados de las llanuras adyacentes.

### **5.3. FORMACIONES SUPERFICIALES**

Las formaciones superficiales son conjuntos litoestratigráficos formados por materiales frecuentemente no coherentes o secundariamente consolidados, relacionados con la evolución reciente del relieve, y con un espesor máximo de orden decamétrico y edad cuaternaria o pliocuaternaria. Estas formaciones pueden ser cartografiadas y ser definidas atendiendo a atributos como geometría, textura, potencia, tamaño, génesis y cronología.

A continuación se relacionan las unidades cartografiadas y sus principales características.

#### **5.3.1. Formaciones fluviales y de escorrentía superficial**

##### **5.3.1.1. Gravas, arenas y limos. Terrazas inferiores (i). medias (h) y superiores (g).**

###### Holoceno.

Corresponden a los niveles altos y medios del sistema de terrazas del río Artibonito, Existen buenos puntos de observación de sus características a lo largo de todo el valle del citado río,. Se trata de sucesiones de gravas polimícticas en matriz arenosa de; el tamaño de los cantos, muy variable, llega a sobrepasar los 50 cm. En cuanto al espesor, puede aproximarse a 10 m en algunos casos.

Los materiales que forman las terrazas presentan características muy similares a las descritas en el caso de los aluviones actuales y fondos de valle. Aunque no existen cortes completos que permitan determinar su espesor, sin duda éste puede variar notablemente en función del curso en cuestión; en los de mayor envergadura podría alcanzar 5 m.

##### **5.3.1.2. Gravas, arenas y limos. Fondos de valle (j). Holoceno.**

Los fondos de valle están constituidos fundamentalmente por gravas y arenas, alimentadas por rocas volcánicas y volcano-sedimentarias de la cordillera Central. Las gravas contienen cantos redondeados heterométricos, con un valor orientativo de su diámetro de 10-20 cm. Aunque no existen cortes que permitan determinar su espesor, sin duda éste puede variar notablemente en función del curso en cuestión; en los de mayor envergadura podría alcanzar 5 m.

#### 5.3.1.3. Gravas, arenas y limos. Conos de deyección y abanicos aluviales (k). Holoceno

Están integrados por proporciones variables de gravas y arenas, cuya composición es función del área madre, por lo que predominan los integrantes de naturaleza calcárea, agrupados en sucesiones de niveles de orden decimétrico a métrico de gravas redondeadas heterométricas, con bloques cuyo diámetro sobrepasa con frecuencia los 50 cm. Su espesor también es muy variable, tanto entre los diversos aparatos como dentro de uno de ellos, pudiendo señalarse valores máximos de orden decamétrico en los ápices de los más relevantes.

Una buena parte de ellos están afectados por una notable disección fluvial, que indica su carácter relicto.

## **6. HISTORIA GEOLÓGICA**

Para comprender la historia geológica de la Hoja de Restauración hay que situarse dentro de un contexto geológico y temporal mucho más amplio. Así hay que considerar que la historia geológica de la isla de La Española desde el Cretácico Superior, es el resultado de la interacción entre las placas Norteamericana y Caribeña, si bien, el límite entre ambas ha sufrido modificaciones en su régimen debido a los cambios de orientación de sus desplazamientos relativos.

En lo que se refiere a la historia geológica pre-Cretácico Superior, es más problemática y ha sido desarrollada en las Hojas geológicas que constituyen el cuadrante de Mao al 1/100.000 dentro de este mismo proyecto.

La Hoja de Restauración se enmarca dentro del Dominio de la Cordillera Central, que como ya señalado en epígrafes anteriores, constituye una alineación montañosa que recorre buena parte de la isla con orientación general NO-SE. Dado que los límites de este dominio superan a los de la Hoja, se hará referencia a las Hojas adyacentes, principalmente las que constituyen el cuadrante (1/100.000) de Restauración y en menor medida a las de Diferencia, ambas realizadas en este proyecto. Dentro de la evolución paleogeográfica de la región pueden diferenciarse tres grandes etapas:

- En el Cretácico Superior se inicia la construcción de un arco insular que es precursor de la actual Cordillera Central.
- Desde el Cretácico Superior hasta el Paleógeno se produce una notable acumulación sedimentaria a favor de un surco submarino.

### **6.1. El arco insular del Cretácico Superior**

La historia geológica del Cretácico Inferior está lejos de ser conocida con precisión. La existencia de la falla de la Española ha colocado cerca terrenos con evoluciones diferentes en el Cretácico Inferior. Al norte, se desarrolla un arco isla, representado por las Fms Los Ranchos y Amina-Maimón, que no está nunca al sur de la falla de la Española. Sobre la evolución del arco Cretácico Inferior se han publicado diversas hipótesis cuya evaluación está pendiente de disponer de edades y datos geoquímicos precisos. Draper *et al.* (1996) proponen una subducción hacia el norte en ese tiempo, y su posterior cierre estaría provocado por un proceso de colisión-obducción (Aptiano-Albiano) en el que se verían implicadas principalmente las rocas del Complejo Duarte y de la Peridotita Loma Caribe. Sigue la subducción de la litosfera atlántica bajo la caribeña. Así, la construcción de este

arco insular se produjo en un contexto de subducción entre placas integradas por litosfera oceánica.

Aunque en la paleogeografía de detalle existen ciertas dudas, el reconocimiento de los materiales generados durante su actividad ha permitido establecer los rasgos generales de la paleogeografía del Cretácico Superior. Esta se caracteriza por un complejo volcánico principal que se localiza según una banda de dirección aproximada NO-SE, y cuya construcción se relaciona con una intensa actividad magmática de tipo calcoalcalino. Por lo menos en la zona de Restauración este episodio volcánico está representado por litologías de composición bimodal, ácidas e intermedias, dominadas por rocas volcanoclásticas características de explosiones aéreas. Ahora bien, esta actividad magmática no se mantiene constante a lo largo del tiempo, sino que existieron zonas y periodos de mayor tranquilidad en los que se desarrollan procesos puramente sedimentarios. Entre ellos hay que destacar la deposición de sedimentos, principalmente durante la etapa Campaniano.

Es también durante el funcionamiento de este arco, que se desarrollan los campos hidrotermales responsables de la alteración hidrotermal de las rocas encajantes y los depósitos de mineralizaciones auríferas como las investigadas en el sector de Restauración.

Síncronos de esta actividad volcánica mencionada, existen numerosos cuerpos plutono-volcánicos e hipoabisales, equivalentes más profundos, o incluso material de la cámara magmática, ya que tanto los estudios de campo, como petrológicos y geoquímicos, muestran una conexión entre las facies plutónicas y volcánicas. El emplazamiento de estos cuerpos debió producirse, desde finales del Cretácico y comienzos del Terciario, entre todos ellos destaca por sus dimensiones batolíticas el de Loma Cabrera, que ocupa una gran parte de las Hojas de Loma Cabrera, Santiago Rodríguez, Jicomé y Diferencia.

Mientras el arco está funcionando, se está desmantelando. En efecto, los productos explosivos poco consolidados se erosionan a continuación del depósito. Se acumulan en dos cuencas: una principal, la de Trois Rivières (descrita a continuación), situada al SO del arco volcánico y una pequeña situada al norte del arco volcánico (ángulo NE de la Hoja de Restauración), probablemente contemporánea de su funcionamiento, y cuya alimentación proviene casi exclusivamente de los materiales del arco.



## **6.2. La Cuenca Trois Rivières-Peralta de retro arco**

Parece que el inicio de la sedimentación de esta cuenca tuvo ya lugar en el Cretácico Superior, mientras que la actividad ígnea del arco disminuye (o simultáneamente como sucede en muchos arco islas), y se desarrolló hasta el Eoceno. Esta sedimentación paleógena se produjo en un surco submarino profundo o un margen alargado según la dirección NO-SE y paralelo a los relieves del arco Cretácico extinguido que se encontrarían al noreste. Este arco se localizaría en el ámbito de la actual Cordillera Central y debió funcionar como área madre de la que se nutriría la cuenca, situada en el ámbito del actual Cinturón de Trois Rivières-Peralta.

En lo que se refiere a la evolución tectónica, la cuenca muestra los rasgos típicos de un cinturón de pliegues y cabalgamientos (cf. hojas de Restauración, Jicomé, Bánica y Arroyo Limón), en el que la deformación se propagaría desde las zonas más internas (NE) hacia las más externas (SO).

A continuación, durante el Eoceno, tuvo lugar un episodio de sedimentación carbonatada de plataforma carbonatada arrecifal cerca del paleolitoral durante el cual se acumularon las Calizas de Nalga de Maco.

En fin, la historia tectónica contribuye de manera fundamental en la configuración actual. Durante el funcionamiento del arco al Cretácico Superior, los fenómenos geodinámicos ocasionaron una cierta deformación, pero que afecta relativamente poco la Hoja de Restauración; dicha deformación se marca por fallas inversas, cabalgamientos con vergencia sur y levantamiento del edificio.

Al Paleoceno, y hasta la actualidad, la colisión oblicua entra las placas Caribeña y Norteamericana engendró una intensa tectónica de desgarres sinistros que estructuró la Cordillera Central y que se observa a todas las escalas. Relacionada con esta tectónica y probablemente desde el Mioceno hasta el Actual, el levantamiento de la Cordillera Central ocasionó una intensa erosión en clima tropical, con formación de meseta y cobertera laterítica, cuyos relictos se observan hoy en la zona abarcada por el Proyecto K.

## **7. GEOLOGÍA ECONÓMICA**

### **7.1. Hidrogeología**

#### **7.1.1. Hidrología y climatología.**

La Hoja de Restauración está situada en pleno dominio de la Cordillera Central y presenta por tanto una red hidrográfica integrada por una gran cantidad de cursos superficiales (ríos, arroyos y cañadas), generalmente de carácter perenne y torrencial.

Según los datos disponibles para el periodo (1939-1971), la precipitación media anual es del orden de 1600-2000 mm. En la distribución mensual de las lluvias se observa que los mínimos pluviométricos se registran en dos periodos, (1) Enero-Febrero con valores del orden de 60-80 mm y (2) Julio-Agosto con valores del orden de 50-75 mm. Las precipitaciones maximales se producen en los meses de Abril y Mayo en que se llega a alcanzar 200 mm.

La mayor parte de la superficie de la Hoja pertenece a la cuenca del río Artibonito, siendo sus afluentes principales los ríos: Libón, Neyta y Vallecito. Solo, una pequeña parte del extremo NE de la Hoja pertenece a la Cuenca del río Guayubin.

Durante el período de 1939-1965 se comprueba que la temperatura media anual es del orden de 25° C con variaciones importantes a lo largo del año (promedio mensual máxima es de 32.8 °C y promedio mensual mínimo es de 16.5 °C).

#### **7.1.2. Descripción hidrogeológica**

En general, en la Hoja de Restauración predominan los materiales volcánicos y volcanoclásticos de baja permeabilidad (Fm Tireo). También presentan una permeabilidad baja las rocas ígneas tonalíticas que intruyen esta formación. No obstante, la fracturación y la alteración superficial de estas tonalitas, pueden dar lugar a permeabilidad secundaria. Asimismo, dentro de la Fm Tireo existen algunas intercalaciones sedimentarias principalmente calizas y conglomerados que pueden aumentar localmente la permeabilidad.

Los materiales de la Fm Trois Rivières presentan una gran variabilidad en su comportamiento hidrogeológico, ya que, mientras las turbiditas de la unidad Aguamite son prácticamente impermeables, los niveles de areniscas dentro de esta unidad son altamente permeables.

La meseta de basaltos (Cretácico Superior-Eoceno?) que afloran principalmente en la Loma de Los Guandules presenta una permeabilidad baja y no representa un acuífero interesante.

Las calizas (Eoceno-Mioceno?) de Nalga de Maco, al SE de la Hoja, representan la formación con más potencial acuífero de la zona por fracturación y carstificación.

Los depósitos sedimentarios cuaternarios, que sean depósitos de deslizamientos o sedimentos aluviales y terrazas, muestran una permeabilidad alta por porosidad intergranular. No obstante, su reducida superficie y/o potencia implica una influencia muy local.

Así, de acuerdo con estos condicionantes, se describen a continuación las características hidrogeológicas en función de la estratigrafía.

#### 7.1.2.1. Formación Tireo y tonalitas

Como ya se ha comentado en los apartados anteriores, la Fm Tireo presenta una potente sucesión de rocas volcanoclásticas y volcánicas masivas o localmente estratificadas, en las cuales se intercalan algunos niveles sedimentarios. Las intrusiones tonalíticas, plutónicas y subvolcánicas (descritas conjuntamente), son frecuentes. Este conjunto constituye prácticamente los dos tercios del territorio ocupado por la Hoja.

Las tonalitas, que forman dos fajas, desde Los Cerezos hasta Río Limpio (1) y a lo largo del río Libón (2), tienen una permeabilidad original muy baja (estimada por comparación a <10-8 m/s). Sin embargo, la intensa meteorización, con desarrollo de una potente saprolita, y la red de diaclasas y fracturas pueden provocar un aumento de la permeabilidad superficial.

En los materiales volcanoclásticos, volcánicos y epiclásticos la porosidad es baja y la permeabilidad baja o muy baja. En general, estas rocas de granulometría fina son prácticamente impermeables. Las tobas cristalinas de mayor granulometría que afloran en una banda NO-SE al norte de Restauración presentan una permeabilidad media.

Las intercalaciones sedimentarias de la Fm Tireo, como los sedimentos calcáreos y los conglomerados, podrían presentar un cierto interés hidrogeológico. Pero, en general se trata de niveles de poco espesor (métrico), salvo en el sector del Cerro Trucín al N de Las Rosas donde superan los 150 m. Suelen estar replegados y fracturados lo cual provoca la compartimentación y desconexión hidráulica. De este modo, aunque su permeabilidad sea

alta por fracturación, fisuración y carstificación, debido a su escaso desarrollo vertical y a su desconexión, disminuye su potencialidad hidráulica.

#### 7.1.2.2. Formación Trois Rivières

Los materiales la Fm Trois Rivières están representados por las unidades de Bois de Laurence y Aguamite que afloran en la parte sur de la Hoja. Estas unidades, incluso adentro de una misma unidad, presentan un comportamiento hidrogeológico dispar.

La unidad Bois de Laurence con predominio de calizas micritas violetas, presenta una permeabilidad baja.

La unidad Aguamite, constituida mayoritariamente por una potente sucesión turbidítica fina tiene una muy baja permeabilidad. No obstante, los niveles de areniscas los más potentes, algunas decenas de metros hasta 300 m en la parte inferior de la unidad Bois de Laurence, constituyen un acuífero de interés en la zona, por lo cual se individualizaron en el esquema hidrogeológico de la Hoja (cf. Mapa).

#### 7.1.2.3. Basaltos (¿Cretácico Superior-Eoceno?)

Esos basaltos masivos, localmente vacuolarios, están principalmente representados en el cuadrante SE de la Hoja, al nivel de la loma de los Guandules. En general corresponden a materiales con permeabilidad baja ( $<10^{-6}$  m/s), salvo en determinadas zonas puntuales como los techos y muros escoriáceos de coladas. Ligadas a estas zonas y a paleosuelos pueden aparecer localmente “rezumes”.

#### 7.1.2.4. Calizas Nalga de Maco

Las Calizas de Nalga de Maco, predominantemente masivas con carácter arrecifal y de plataforma, forman una meseta carstificada, que alcanza localmente un espesor superior a los 700 m. Por su fracturación y carstificación esta formación tiene una permeabilidad media a alta.

Al muro, los basaltos (¿Cretácico Superior-Eoceno?) y las litologías de la Fm Tireo con una permeabilidad y porosidad baja a muy baja, favorecen la emergencia de unos manantiales a la base de las Calizas.

Con esta disposición las Calizas de Nalga de Maco representan un acuífero de interés para la zona.

#### **7.1.2.5. Depósitos sedimentarios cuaternarios**

Como indicado en los apartados anteriores, los depósitos cuaternarios tienen una escasa representación en la Hoja de Restauración. Se han agrupado los depósitos de deslizamientos por un lado, y los sedimentos aluviales y terrazas relacionados con la evolución del río Artibonito y principalmente sus afluentes el río Vallecito y río Neyta. Se trata de formaciones superficiales que no presentan en general acuíferos confinados.

Los sedimentos aluviales y terrazas se encuentran pobremente representados en la Hoja. Las arenas y gravas son sus constituyentes principales. La permeabilidad es considerada alta por la elevada porosidad intergranular. Pero se trata de una formación superficial de extensión y continuidad reducidas (pequeñas terrazas colgadas residuales). La potencia, difícil de evaluar, es también limitada (estimada entre 1 y 5 m).

Los depósitos de deslizamiento, de tipo gravitacional, son muy importantes al pié de las calizas de Nalga de Maco, al SE de la Hoja. Estos depósitos caóticos de cantos y bloques de calizas subangulosos, centimétricos a pluridecamétricos, muy mal clasificados y muy poco consolidados, presentan una permeabilidad alta por porosidad intergranular. La potencia, difícil de estimar, es muy variable (1 a 20 m).

### **7.2. Recursos minerales**

#### **7.2.1. Aspectos generales**

La hoja de Restauración tiene un gran importancia por su potencial de sustancias metálicas. Las facies volcanosedimentarias de la Fm. Tireo, presentan un importante potencial minero para oro y metales bases (cobre principalmente). Las empresas mineras, atraídas por dicho potencial minero, desarrollaron durante el Siglo XX (MMJA, Rosario Dominicana individualmente o con el Proyecto SYSMIN "Depósitos Auríferos de Restauración de 1997-98) y siguen desarrollando (Unigold Dominicana, S.A.) intensas investigaciones para oro y metales bases.

El potencial de sustancias no metálicas es menor y comprende:

- áridos de proximidad, explotados en pequeñas canteras en la Fm Tireo principalmente para el mantenimiento de la red de carreteras,
- rocas ultramáficas serpentinizadas explotadas de manera episódica en dos canteras.

La Fig. 37 presenta la ubicación de los indicios conocidos y levantados durante la cartografía geológica.

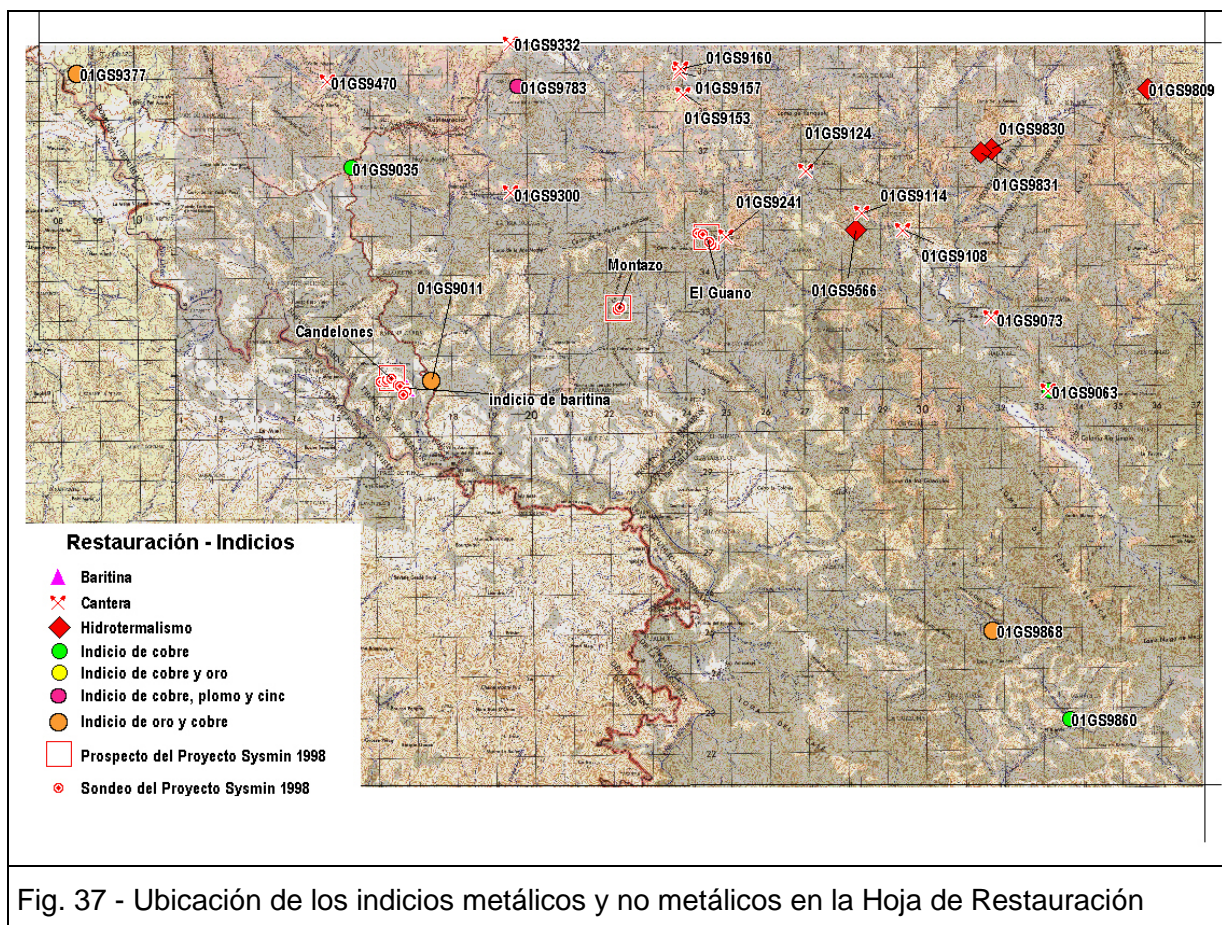


Fig. 37 - Ubicación de los indicios metálicos y no metálicos en la Hoja de Restauración

### 7.2.2. Indicios y prospectos metálicos

Las facies volcanosedimentarias de la Fm Tireo han sido objeto de investigaciones mineras para oro y polimetálicos. Los principales sectores son los de Candelones, Montazo y Guano (ver Fig. 37). Se trata de zonas con alteraciones hidrotermales intensas de tipo epitermal (argilitización, propilitización, silicificación, con sulfuros diseminados, piritita principalmente) en las cuales se ha demostrado un potencial para oro y cobre. La Tabla 8 resume los indicios conocidos y los nuevos reconocidos durante el presente trabajo de cartografía. La Tabla 9 presenta la ubicación de los sondeos realizados durante el Proyecto Sysmin "Depósitos Auríferos de Restauración" de 1997-98.

Substancia	punto	Lat. °dec. WGS84	Long. °dec. WGS84	Comentarios	Unidad geológica
Indicio de oro y cobre	01GS9377	19.32720	-71.77330	Corozo – Zona de intensa alteración hidrotermal (silicificación, epitermal). Potencial por oro y cobre.	Fm Tiroo
Indicio de oro y cobre	01GS9868	19.20210	-71.55080	Intensa alteración hidrotermal (epitermal) en Toba andesítica o brecha, piritita diseminada. Zona de falla. Oxidos de Cobre en lentes dm de ultramáficas. Potencial por oro y cobre	Fm Tiroo
Indicio de cobre y oro	01GS9328	19.34360	-71.66580	Lava o roca subvolcánica de color blanca a beige con fuerte alteración hidrotermal (caolín y piritita diseminada).	Fm Tiroo
Indicio de oro y cobre	01GS9011	19.25840	-71.68720	Cantera para material con mineralización de tipo "high sulfidation" con desarrollo de silicificación y de piritita (potencia de 2 m). Potencial por oro y cobre.	Fm Tiroo
Indicio de cobre	01GS9035	19.30600	-71.70700	Andesita con trazas de crisocola	Fm Tiroo
Indicio de cobre	01GS9062	19.25580	-71.53720	Cantera de áridos en nueva carretera. Trazas de Carb. de Cu. Zona de falla.	Fm Tiroo
Indicio de cobre	01GS9860	19.18220	-71.53230	Contacto caliza roja interestratificada con toba cristalina y basalto vacuolar magnético. Trazas de Carb. de Cu.	Fm Tiroo
Indicio de cobre, plomo y cinc	01GS9783	19.32430	-71.66630	Vetas de 10 cm potencia con mineralización masiva de galena, esfalerita y oxidos de cobre en un pórfido dacítico machacado, propilitizado.	Fm Tiroo
Hidrotermalismo	01GS9566	19.29180	-71.58440	Numerosos cantos y pequeños acantilados de roca verde textura muy fina densa, completamente silicificada, rica en piritita diseminada	Fm Tiroo
Hidrotermalismo	01GS9809	19.32370	-71.51350	Zona de falla con red densa de vetas y vetillas de cuarzo. Localmente roca brechizada con fuerte hematilitización (pseudo gossan)	Fm Tiroo
Hidrotermalismo	01GS9830	19.31000	-71.55150	Alteración hidrotermal intensa (Si+Caol+Sulf+oxidos)	Fm Tiroo
Hidrotermalismo	01GS9831	19.30940	-71.55410	Brecha hidrotermal con intensa alteración (Si+Caol+Sulf+oxidos)	Fm Tiroo
Barilina		19.25627	-71.69297	Indicio proyecto Sysmin 1998	Fm Tiroo
Prospecto	Candelones	19.25835	-71.69686	Centro del prospecto de Candelones	Fm Tiroo
Prospecto	El Guano	19.28993	-71.62055	Centro del prospecto del Guano	Fm Tiroo
Prospecto	Montazo	19.27409	-71.64190	Centro del prospecto de Montazo	Fm Tiroo

Tabla 8 - Descripción y ubicación de los indicios de oro y polimetálicos de la Hoja de Restauración

Num sondeo	Lat. °dec. WGS84	Long. °dec. WGS84	Comentarios	Unidad geológica
SC01	19.25781	-71.69670	Elevación: 601m /profund: 77.4m /Rumbo magn: 45°inclin: 45°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC02	19.25781	-71.69960	Elevación:584m /profund: 170.4m /Rumbo magn: 60°inclin: 45°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC03	19.25641	-71.69320	Elevación:505m /profund: 90m /Rumbo magn: 157°inclin: 45°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC04	19.25731	-71.69540	Elevación:590m /profund: 70m /Rumbo magn: 12°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC05	19.25831	-71.69730	Elevación:620m /profund: 42m /Rumbo magn: 8°inclin: 0°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC06	19.25791	-71.69820	Elevación:618m /profund: 51.5m /Rumbo magn: 8°inclin: 0°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC07	19.25831	-71.69800	Elevación:625m /profund: 43m /Rumbo magn: 8°inclin: 0°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC08	19.25811	-71.69640	Elevación:612m /profund: 100m /Rumbo magn: 8°inclin: 0°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC09	19.25521	-71.69390	Elevación:551m /Rumbo magn: 8°inclin: 0°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC10	19.25601	-71.69310	Elevación:515m /Rumbo magn: 8°inclin: 0°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC11	19.25771	-71.69560	Elevación:602m /Rumbo magn: 8°inclin: 0°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC12	19.25781	-71.69610	Elevación:603m /profund: 142.5m /fecha: 21/12/1997/rumbo: 48°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC13	19.25781	-71.69640	Elevación:599m /profund: 210.05m /fecha: 15/01/1998/rumbo: 48°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC14	19.25841	-71.69670	Elevación:609m /profund: 130.95m /fecha: 04/02/1998/rumbo: 228°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC15	19.25761	-71.69600	Elevación:597m /profund: 182.75m /fecha: 04/02/1998/rumbo: 48°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC16	19.25871	-71.69710	Elevación:604m /profund: 144.25m /fecha: 19/02/1998/rumbo: 228°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC17	19.25731	-71.69560	Elevación:586m /profund: 192.15m /fecha: 28/02/1998/rumbo: 48°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC18	19.25851	-71.69700	Elevación:609m /profund: 195.9m /fecha: 15/03/1998/rumbo: 228°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC19	19.25701	-71.69530	Elevación:573m /profund: 193.95m /fecha: 18/03/1998/rumbo: 48°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC20	19.25851	-71.69810	Elevación:619m /profund: 159.05m /fecha: 14/04/1998/rumbo: 228°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC21	19.25681	-71.69480	Elevación:553m /profund: 186.45m /fecha: 06/04/1998/rumbo: 48°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC22	19.25601	-71.69290	Elevación:502m /profund: 101.75m /fecha: 28/04/1998/rumbo: 266°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC23	19.25561	-71.69330	Elevación:524m /profund: 96.4m /fecha: 29/04/1996/rumbo: 276°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC24	19.25561	-71.69320	Elevación:524m /profund: 60.45m /fecha: 12/05/1998/rumbo: 96°inclin: 35°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SC25	19.25501	-71.69420	Elevación:565m /profund: 77m /fecha: 08/05/1998/rumbo: 276°inclin: 30°/Sector: Candelones	Fm Tiroo
SG01	19.29131	-71.62250	Elevación:837m /profund: 195.9m /fecha: 23/06/1998/rumbo: 36°inclin: 30°/Sector: Guano -Naranjo	Fm Tiroo
SG02	19.29091	-71.62140	Elevación:815m /profund: 154.3m /fecha: 06/06/1998/rumbo: 46°inclin: 30°/Sector: Guano/Naranjo	Fm Tiroo
SG03	19.28931	-71.61980	Elevación:775m /profund: 61.4m /fecha: 25/05/1998/rumbo: 56°inclin: 30°/Sector: Guano - Naranjo	Fm Tiroo
SG04	19.28861	-71.61930	Elevación:750m /profund: 67m /fecha: 06/06/1998/rumbo: 56°inclin: 30°/Sector: Guano/Naranjo	Fm Tiroo
SG05	19.28931	-71.61970	Elevación:778m /profund: 17.95m /fecha: 09/05/1998/rumbo: 0°inclin: 0°/Sector: Guano - Naranjo	Fm Tiroo
SM01	19.27411	-71.64200	Elevación:660m /profund: 146m /fecha: 05/06/1998/rumbo: 334°inclin: 32°/Sector: Montazo	Fm Tiroo
SM02	19.27471	-71.64130	Elevación:632m /profund: 143.45m /fecha: 01/07/1998/rumbo: 326°inclin: 30°/Sector: Montazo	Fm Tiroo
SM03	19.27461	-71.64140	Elevación:633m /profund: 148.65m /fecha: 05/07/1998/rumbo: 146°inclin: 30°/Sector: Montazo	Fm Tiroo

Tabla 9 - Ubicación e informaciones de los sondeos realizados durante el programa Sysmin de 1997-98 Proyecto "Depósitos auríferos de Restauración"

### 7.2.3. Indicios no metálicos

Las canteras de áridos son de extensión limitada y de carácter intermitente. Las unidades y formaciones interesantes son las tobas y lavas de la Fm Tireo y las rocas ultramáficas serpentinizadas. La Tabla 10 resume las principales canteras encontradas.

Substancia	# punto	Lat. °dec. WGS84	Long. °dec . WGS84	Comentarios	Unidad geológica
Cantera	01GS9063	19.25580	-71.53720	Pequeña cantera de áridos en toba con lapilis abierta para la realización de la nueva carretera.	Fm Tireo
Cantera	01GS9073	19.27230	-71.55100	Pequeña cantera con tonalita de grano grueso de textura porfídica cortada por diques félsicos.	Fm Tireo
Cantera	01GS9108	19.29200	-71.57270	Pequeña cantera en toba andesítica en facies de comeana	Fm Tireo
Cantera	01GS9114	19.29570	-71.58250	Pequeña cantera en toba andesítica en comeana	Fm Tireo
Cantera	01GS9124	19.30510	-71.59620	Pequeña cantera en toba andesítica	Fm Tireo
Cantera	01GS9153	19.32250	-71.62610	Pequeña cantera en toba andesítica y toba con lapilis	Fm Tireo
Cantera	01GS9157	19.32730	-71.62690	Grande cantera en roca ultramáfica	Rocas ultramáficas (serpentinizadas)
Cantera	01GS9160	19.32830	-71.62660	Grande cantera en roca ultramáfica	Rocas ultramáficas (serpentinizadas)
Cantera	01GS9241	19.29040	-71.61540	Pequeña cantera en brecha andesítica a dacítica	Fm Tireo
Cantera	01GS9300	19.30030	-71.66800	Pequeña cantera en riolitas localmente hidrotermalisada	Fm Tireo
Cantera	01GS9332	19.33380	-71.66780	Cantera en las tobas andesíticas con lapilli de acreción. Fuerte argillización. Basurero	Fm Tireo
Cantera	01GS9470	19.32530	-71.71250	Pequeña cantera en brecha dacítica machacada	Fm Tireo

Tabla 10 - Descripción y ubicación de los indicios no metálicos en la Hoja de Restauración

Un estudio más detallado de los recursos minerales se encuentra en la memoria del cuadrante Restauración de los Recursos Metálicos y No Metálicos, a escala 1/100.000, realizada conjuntamente con la cartografía geológica.

## 8. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO

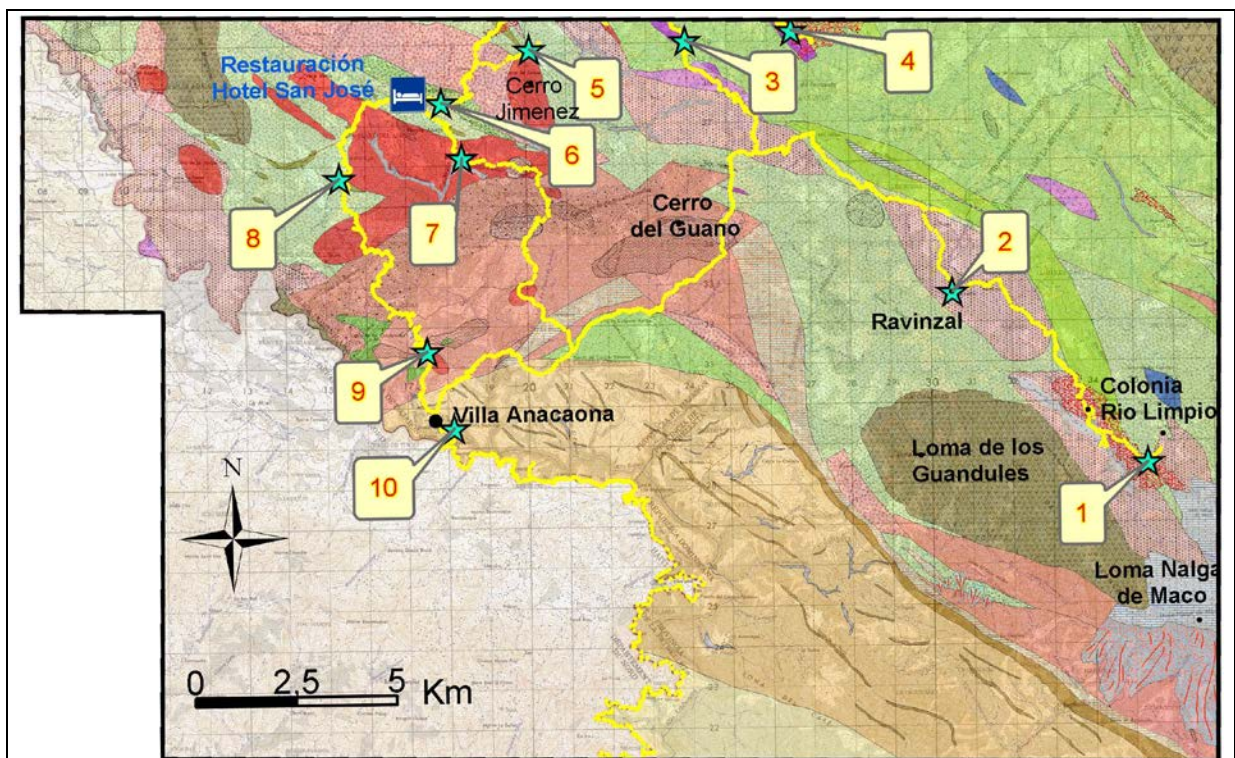
Son todos aquellos lugares o puntos concretos con características peculiares relacionadas con la geología, especialmente las más útiles para reconocer, estudiar e interpretar la historia geológica de la región, como formaciones rocosas, estructuras, yacimientos de minerales o fósiles; pero también paisajes y expresiones o datos de interés cultural, educativo o recreativo, en relación con el Medio natural.



### 8.1. Relación de los L.I.G.

La Fig. 38 presenta un itinerario facultativo para visitar los diferentes puntos de interés en la Hoja de Restauración. Los puntos escogidos y el itinerario propuesto tratan de mostrar los objetos geológicos de interés asequibles por carreteras asfaltadas o no (vehículo todo terreno). La totalidad del itinerario se realiza en un día, saliendo de los pueblos de Restauración o Loma de Cabrera.

Tomar en cuenta que el acceso a la Carretera Internacional, al sur de Restauración, está vigilado por el puesto militar de Villa Anacaona; una autorización de las autoridades militares de Restauración es imprescindible (Obtención sobre la marcha en ½ hora).



**Fig. 38 - Mapa de lugares de interés geológico**  
(Itinerarios en amarillo; estrellas y números indican los L.I.G.)

La situación y las coordenadas precisas de cada L.I.G. de la Hoja están listadas en la tabla siguiente:

N° de LIG	N° estación	Lat. (°dec) WGS84	Log (°dec) WGS84	Provincia	Municipio	Paraje
1	01GS9041	19,23433	-71,51708	La Estrelleta (Elías Piña)	Pedro Santana	Colonia Río Limpio
2	01GS9080	19,27218	-71,56334	La Estrelleta (Elías Piña)	Pedro Santana	Ravinzal
3	01GS9160	19,32829	-71,62663	Dajabón	Restauración	Los Cerezos
4	01GS9498	19,33051	-71,60171	Dajabón	Restauración	Mariano Cestero
5	01GS9980	19,32783	-71,67414	Dajabón	Restauración	Poso Negro
6	01GS9780	19,32606	-71,66344	Dajabón	Restauración	Cerro Jimenez
7	01GS9353	19,31403	-71,68408	Dajabón	Restauración	Entrada E Restauración
8	01GS9354	19,30175	-71,6792	Dajabón	Restauración	Neyta Abajo - La Bomba
9	01GS9029	19,29695	-71,70811	Dajabón	Restauración	La Posilga
10	01GS9011	19,25836	-71,6872	Dajabón	Restauración	E Cerro Los Candelones
11	01GS9003	19,24121	-71,68073	Dajabón	Restauración	SE Villa Anacaona

**Tabla 11 - Situación y coordenadas de los L.I.G de la Hoja de Restauración**

## 8.2. Descripción de los L.I.G

### 01 – Vista General del mapa – Sistema de falla de Macutico-Burende

Desde Restauración, seguir la carretera en dirección de Loma de Cabrera. Al “KM 14”, doblar a la derecha en dirección de Río Limpio. A partir de Río Limpio la carretera es difícilmente transitable en temporada de lluvia.

El primer interés del Punto 01 es la belleza del panorama y la lectura geológica que ofrece. Hacia el NO, las depresiones, particularmente el valle del Vallecito, están ocupadas por los intrusivos tonalíticos. Los relieves que bordan la parte norte del Vallecito están constituidos por sedimentos intercalados en la Fm Tireo. Se nota, en particular, la línea de cresta con el Cerro Trucín subrayado por calizas. Al SO, la parte alta de los relieves de la loma de los Guandules están constituidos por los basaltos probablemente post-Tireo descritos por primera vez durante este trabajo. Hacia el S-SSE, si el tiempo lo permite, se pueden observar los relieves imponentes de la calizas de la Nalga de Maco (Eoceno-Mioceno ?).

El afloramiento se encuentra sobre la falla regional Macutico-Burende. Se observa aquí una sucesión de zonas brechificadas con un desarrollo local de « gouge » arcillosa en las tobas de la Fm Tireo. La orientación principal del accidente, las estrías horizontales marcadas en

los espejos de falla y los criterios microestructurales de arrastre muestran claramente un movimiento de desgarre sinistro.

### **02 – Intrusivos tonalíticos con anfíboles**

Desde el punto 01, dar la vuelta (la carretera no tiene salida) hasta Ravinzal, situado a 12 km. La carretera vuelve a cortar la zona fallada ya observada y atraviesa varias veces el contacto entre los intrusivos tonalíticos saprolitizados y las tobas de la Fm Tireo.

En Ravinzal la carretera cruce el río Artibonito. El lugar es ideal para bañarse y descansar, tomando un refresco en la cantina frecuentemente abierta. Geológicamente, ofrece uno de los únicos afloramientos accesibles de tonalita con anfíboles no saprolitizada (roca fresca). La facies petrográfica es generalmente homogénea; se trata de una roca leucocrata, equigranuda, localmente porfídica, constituida por cuarzo, plagioclasa y anfíbol (hornblenda verde). La biotita y el feldespató potásico son accesorios. Diques de potencia máxima métrica y de composición dacítica a andesítica recortan localmente la tonalita (Foto 36). Se observa también una débil orientación magmática, marcada por el alargamiento preferencial de los enclaves perpendicularmente a una familia de diques felsíticos. La epidotización de los diques es frecuente, asociadas a un pequeño halo de alteración pervasiva en la tonalita encajante.

### **03 – Cantera de rocas ultramáficas serpentinizadas**

Desde Ravinzal, siguiendo durante 12 km la carretera en dirección del cruce del "KM 14", se llega a una gran cantera con dos entradas; mejor entrar por la segunda. Se trata de la mayor cantera de la Hoja de Restauración, donde se explotan, de manera intermitente, áridos para las carreteras. ¡Aquí, el visitante está pisando las rocas ultrabásicas, muy densas, que provienen del manto terrestre!

Se trata de serpentinitas (aspecto de piel de serpientes) de color verde oscuro, a menudo azulado, fuertemente deformadas de manera dúctil y frágil, con espejos de fallas estriados distribuidos de forma aleatoria (Foto 37).

### **04 – Suelos arcillosos rojos asociados a un fenómeno de laterización**

Seguir hasta el cruce del KM 14 (aproximadamente 2 km), doblar a la derecha y seguir la carretera en dirección de Mariano Cestero durante 1,9 km hasta el cruce y luego en dirección del SO durante aproximadamente 4 km.

En el punto 04 se observan las superficies alteradas de color rojo, que constituyen puntos altos con perfiles de meseta o relieves ligeramente ondulados. El suelo está formado por arcillas de color rojo intenso procedentes de una alteración laterítica (en clima tropical

húmedo). La asociación de estos suelos rojos con el clima de montaña de altitud media es propicia al cultivo de un café de gran calidad y de los agríos, como se puede observar en los alrededores. A pocos metros de distancia, un afloramiento muestra el desarrollo de estos suelos rojos directamente sobre el protolito de rocas ultrabásicas al origen de este color rojo intenso.

#### **05 – Fm Tireo - Tobas vítreas andesíticas**

Este punto presenta sobre todo un interés petrográfico.

Desde el punto 04, regresar a la carretera principal Loma de Cabrera - Restauración, doblar a la izquierda – en dirección de Restauración hasta el pueblo de Jimenez. En Jimenez, después del puerto de Poso Negro, doblar a la primera a la izquierda y seguir la carretera hacia el este durante 1,6 km. Cuidado en caso de lluvia, incluso con un buen todoterreno.

Los afloramientos corresponden a las pequeñas colinas situadas a la izquierda. Se trata de tobas vitroclásticas con una textura muy bonita.

Los elementos (hasta el 70 % de la roca) están esencialmente constituidos por numerosos fragmentos cloritizados de vidrio, milimétricos, angulosos, de formas concoidales, convexas o cóncavas, atestiguando un magma vesiculado y fragmentado. Hay también fragmentos líticos milimétricos a centimétricos, a menudo redondeados, inmersos en una matriz gris tobácea de la misma composición, pero más fina (Foto 14). Estas facies son características de un volcanismo explosivo aéreo.

#### **06 – Terraza colgada del río Neyta sobre la Fm Tireo**

Este punto se ubica a algunas centenas de metros al este de Restauración, cerca del río Neyta. Se observan aquí los fenómenos de sedimentación cuaternaria: terrazas colgadas del río Neyta por encima de las Tobas de la Fm Tireo.

A pesar del régimen actual erosivo del río Neyta, y en general de los ríos de la Hoja de Restauración, se ve aquí las terrazas colgadas del río Neyta por encima de la Fm Tireo.

#### **07 – Fm Tireo - Estructuras columnarias o autobrecha en una riolita**

Desde Restauración, seguir la carretera hacia el sur, en dirección de Neyta, durante aproximadamente 1,7 km hasta llegar al puente.

El río Neyta corta una riolita de la Fm Tireo que presenta estructuras columnarias o brechicas, características de coladas de lavas muy viscosas o de domo riolítico.

#### **08 – Fm Tireo - Tobas de lapili de acreción**

Desde el centro de Restauración, seguir durante 3,7 km la Carretera principal en dirección de Villa Anacaona (SO de la Hoja). Las tobas de lapilli de acreción afloran al lado izquierdo,

en la gran curva de la carretera. Se trata una facies volcánica muy particular, estratificada o masiva (Foto 11), de color característico marrón herrumbroso a rojo oscuro, formada por pisolitas esféricas hematizadas mm a cm (Foto 12). Localmente, se observan fragmentos de ramas fósiles.

Los lapilis de acreción se forman en los penachos de ceniza o en las coladas y avalanchas piroclásticas, por colisión y acreción de cenizas finas envueltas en líquido. Los fósiles de fragmentos de ramas sugieren que ciertos lapilis de acreción se formaron dentro de coladas o avalanchas piroclásticas. En cambio, las estratificaciones con granoclasificaciones normales y rítmicas sugieren un depósito piroclástico de caída.

Este afloramiento confirma, una vez más, que la Fm Tireo, en la Hoja de Restauración está muy poco deformada y metamorfoseada.

#### **09 – Fm Tireo – Mineralización epitermal de oro**

Desde el Punto 08, seguir la carretera principal en dirección de Villa Anacaona, durante 7 km. La parada 09 se encuentra a mano izquierda, en una pequeña cantera con tonos amarillo y naranja característicos de los óxidos de hierro. Se trata de una zona intensamente afectada por una alteración hidrotermal ácida (sílice+caolinita principalmente) que da el color blanco a la roca encajante constituida por tobas de la Fm Tireo. La oxidación de la mineralización de pirita diseminada explica los colores amarillo y los óxidos de hierro. Ese tipo de mineralización asociado con un sistema epitermal ácido, es el blanco privilegiado para las investigaciones de oro en el sector de Restauración. Las empresas mineras, atraídas por el potencial minero de la región, desarrollaron y siguen desarrollando intensas investigaciones para oro y metales bases (en particular la Rosario Dominicana y Unigold Dominicana, S.A. en la Reserva de Neyta) aumentando así el conocimiento geológico de la zona.

A algunos metros al sur de la pequeña cantera, en el talud de la carretera, se observa el contacto de una cúpula de pórfido con las tobas y sedimentos encajantes de la Fm Tireo.

#### **10 – Fm Trois Rivières - Figuras de sedimentación**

Desde el punto 09, seguir durante 3 km, la carretera hasta Villa Anacaona (presentación de la autorización de acceso en el puesto militar) y luego la carretera internacional (frontera Rep-Dominicana-Haití) en dirección de Bánica.

La deforestación del lado haitiano contrasta con el bosque dominicano; la imagen de satélite, subraya este fenómeno a lo largo de la frontera.

Geológicamente también se cambia de mundo. El visitante ha dejado las rocas de un arco volcánico aéreo, para pisar, a partir de Villa Anacaona, los sedimentos de una cuenca oceánica.

Se trata de la facies más común de la Formación Trois Rivières en la Hoja de Restauración. Los depósitos cíclicos, de color gris a beige, corresponden a finas alternancias de lutitas y niveles detríticos finos discontinuos, lenticulares, de potencia máxima centimétrica (Foto 24). Se observan figuras de sedimentación de tipo *ripple marks* (Foto 24 y Foto 25), *graded bedding*, y raramente *slumps*.

En conclusión, después de este recogido geológico, el visitante que desea disfrutar de algunos días en Restauración, podrá gozar de una calurosa acogida, de la mejor mesa de Restauración y de un cuarto para descansar en el hotel San José; Doña Carmen tendrá mil delicadezas con usted!

El mejor guía de Restauración, para acompañar a los geólogos, es Robertico, que ha acompañado el autor durante el levantamiento de la Hoja de Restauración. Dicho autor aprovecha esas líneas para dar las gracias a Carmen y Robertico, y a todas las del pueblo y de los alrededores que han permitido que este trabajo se efectúe de manera eficaz y agradable.

## BIBLIOGRAFÍA

**AMARANTE, J.F. & GARCIA, J.M.**, 1990. Neita 4 - Proyecto de Exploración Restauración - Estado actual 1990 - Candelones - Guano -Naranja. Rosario Dominicana S.A., Gerencia Tecnica. p. 1-134.

**AMARANTE, J. F. & LEWIS, J. F.**, 1995. Geological setting and characteristics of base and precious metal mineralization in the Cordillera Central of the western Dominican Republic and Massif du Nord, Haiti; Geological Society of America, 1995 annual meeting. *Abstracts with Programs - Geological Society of America*, 27, p. 240.

**BÁRDOSSY, G. & ALEVA, G. J. J.**, 1990. Lateritic bauxites. Elsevier. p. 1-624

**BARRETT, T.J. & MACLEAN, W.H.**, 1999. Volcanic sequences, lithogeochemistry, and hydrothermal alteration in some bimodal volcanic-associated massive sulfide systems. En: Barrie C. T. and Hannington M. D. eds. Volcanic-associated massive sulfide deposits; processes and examples in modern and ancient settings. p. 101-131.

**BELLON, H., VILA, J.M., & MERCIER DE LEPINAY, B.**, 1985. Chronologie K-Ar et affinités géochimiques des manifestations magmatiques au Crétacé et au Paléogène dans l'île d'Hispaniola. En: Géodynamique des Caraïbes.. Editions Technip. Géodynamique des Caraïbes. p. 329-340.

**BERMÚDEZ, P. J.**, 1949. Tertiary smaller Foraminifera of the Dominican Republic. *Cushman Laborator of Foraminiferal Research, Special Publication*, 25, p. 1-322.

**BERNÁRDEZ, E. & SOLER, M.**, 2004. Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 5973-III (Arroyo Limón) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Santo Domingo, Servicio Geológico Nacional.

**BIJU-DUVAL, B., BIZON, G., MASCLE, A. & MULLER, C.**, 1982. Active margin processes; field observations in southern Hispaniola; Studies in continental margin geology. *AAPG Memoir*, 34, p. 325-344.

**BLESH, R.R.**, 1966. Mapa geológico preliminar. In: *Mapas. Volumen 2, Reconocimiento y Evaluación de los Recursos Naturales de la República Dominicana*. Unión Panamericana, escala 1:250.000.

**BOISSON, D.**, 1987. Etude Geologique Du Massif Du Nord D'haiti (Hispaniola - Grandes Antilles). Doctorat D'état . Université de Paris VI. 256 p.

**BOWIN, C. O.**, 1960. Geology of central Dominican Republic. *Geological Society of America Bulletin*, 71, p. 18-31.

**BOWIN, C. O.**, 1966. Geology of central Dominican Republic; a case history of part of an island arc; Caribbean geological investigations. *Memoir - Geological Society of America*, p. 11-84.

**BOWIN, C.O.**, 1975. The geology of Española. En: NAIM A. and Stehli F. eds. Plenum Press, New York. p. 501-552.

**BURKE, K., FOX, P. J. & SENGOR, A. M. C.**, 1978. Buoyant ocean floor and the evolution of the Caribbean. *Journal of Geophysical Research, A, Space Physics*, 83, p. 3949-3954.

**BURKE, K.**, 1988. Tectonic evolution of the Caribbean. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 16, p. 201-230.

**BUTTERLIN, J.**, 1956. La constitution géologique et la structure des Antilles. C.N.R.S. France.

**BYRNE, D. B., SUAREZ, G. & MCCANN, W. R.**, 1985. Muertos Trough subduction; microplate tectonics in the northern Caribbean? *Nature (London)*, 317, p. 420-421.

**CGG (COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE)**, 1999. Informe final sobre la prospección magnética y radiométrica aereoportada del territorio de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto E (7-ACP-DO-074), Servicio Geológico Nacional. Santo Domingo.

**CONTRERAS, F.**, 2004. Mapa Geológico de la Hoja a escala 1:50.000 n° 5973-IV (Jicomé) y memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Santo Domingo, Servicio Geológico Nacional.

**COOKE, C. W.**, 1920. Geologic reconnaissance in Santo Domingo (Abst). *Geological Society of America, Bulletin*, 31, p. 217-219.

**COX, K. G., BELL, J. D. & PANKHURST, R. J.**, 1979. The interpretation of igneous rocks. George Allen & Unwin, London, United Kingdom (GBR), United Kingdom (GBR).

**CRAWFORD, A.J., FALLOON, T.J. & GREEN, D.H.**, 1989. Classification, petrogenesis and tectonic setting of boninites. En: Crawford A. J. ed. Boninites, Unwin Hyman, London, United Kingdom (GBR).

**CRIBB, J. W., JIMENEZ, J., LEWIS, J. F. & SUTTER, J. F.**, 1989. (super 40) Ar/ (super 39) Ar ages from Loma de Cabrera Batholith; implications for timing of tectonic events in northern Hispanola; Geological Society of America, 1989 annual meeting. *Abstracts with Programs - Geological Society of America*, 21, p. 267.

**CRIBB, J.W.**, 1986. Petrology and geochemistry of the eastern Loma de Cabrera Batholith. M.S. thesis. The George Washington University. p. 1-122.

**DE ZOETEN, R.**, 1988. Structure and stratigraphy of the central Cordillera Septentrional, Dominican Republic. Dissertation.

**DEFANT, M. J. & DRUMMOND, M. S.**, 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature (London)*, 347, 6294, p. 662-665.

**DÍAZ DE NEIRA, J.A. & HERNAIZ HUERTA, P.P.**, 2000. Programa de Cartografía Geotemática de la Republica Dominicana. Hoja a E. 1:50.000 n° 6072-II (Sabana Quéliz). [6071-II]. Santo Domingo, Servicio Geológico Nacional. Proyecto Sysmin.

**DÍAZ DE NEIRA, J. A. & SOLÉ PONT, F. J.**, 2002. Precisiones estratigráficas sobre el Neógeno de la cuenca de Azua (República Dominicana) - Stratigraphic precisions about the Neogene of the Azua basin (Dominican Republic). *Acta Geologica Hispanica*, 37, p. 163-181.



**DOLAN, J.**, 1988. Paleogene sedimentary basin development in the Eastern Greater Antilles: Three studies in active-margin sedimentology. PhD thesis. Univ. of California, Santa Cruz. p. 1-234.

**DOLAN, J.**, 1989. Eustatic and tectonic controls on deposition of hybrid siliciclastic/carbonate basinal cycles; discussion with examples. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 73, p. 1233-1246.

**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. *Special Paper Geological Society of America*, 262, p. 217-263.

**DOLAN, J. F. & MANN, P.**, 1998. Preface; Active strike-slip and collisional tectonics of the northern Caribbean Plate boundary zone. *Special Paper - Geological Society of America*, 326, p. v-xvi.

**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; Active strike-slip and collisional tectonics of the northern Caribbean Plate boundary zone. *Special Paper - Geological Society of America*, 326, p. 1-61.

**DONNELLY, T.W., BEETS, D., CARR, M.J., JACKSON, T., KLAVER, G., LEWIS, J.F., MAURY, R., SCHELLENKENS, H., SMITH, A.L., WADGE, G. & WESTERCAMP, D.**, 1990. History and tectonic setting of Caribbean magmatism. En: Dengo G. and Case J. E. eds. The Caribbean region, Geol. Soc. Am., Boulder, CO, United States (USA).

**DRAPER, G., GUTIERREZ, G. & LEWIS, J. F.**, 1996. Thrust emplacement of the Hispaniola peridotite belt; orogenic expression of the Mid-Cretaceous Caribbean arc polarity reversal? *Geology (Boulder)*, 24, p. 1143-1146.

**DRAPER, G. & LEWIS, J. F.**, 1991. Geologic map of the central Dominican Republic. In: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean Plate boundary in Hispaniola. *Special Paper - Geological Society of America*, p; 262

**ELECTROCONSULT**, 1983. Estudio de pre-facibilidad del area geotermica Yayas-Constanza, Dominican Republic. unpublished report, Santo Domingo, Servicio Geológico Nacional. p. 1-23.

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

**ESCUDE VIRUETE, J.**, 2004b. Petrología y geoquímica de rocas ígneas y metamórficas del bloque K (zonas este y suroeste) - Hojas de Dajabón, Martín García, Loma De Cabrera, Santiago Rodríguez, Monción, Restauración, Jicomé, Bánica, Arroyo Limón y Lamedero. Programa Sysmin, Santo Domingo, Servicio Geológico Nacional.

**ESCUDE VIRUETE, J., HERNÁIZ HUERTA, P. P., DRAPER, G., GUTIERREZ, G., LEWIS, J. F. & PÉREZ-ESTAÚN, A.**, 2002. Metamorfismo y estructura de la Formación Maimón y los Complejos Duarte y Río Verde, Cordillera Central Dominicana: implicaciones

en la estructura y la evolución del primitivo Arco Isla Caribeño - The metamorphism and structure of the Maimón Formation and Duarte and Rio Verde Complexes, Dominican Central Cordillera: implications for the structure and evolution of the primitive Caribbean Island Arc. *Acta Geologica Hispanica*, 37, p. 123-162.

**ESCUER, J.**, 2004. Mapa Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico de la Hoja a escala 1:100.000 de Restauración (5873) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Santo Domingo, Servicio Geológico Nacional.

**FEIGENSON, M.**, 1977. The strontium-isotope geochemistry of a tonalite batholith of the Dominican Republic. *Year Book - Carnegie Institution of Washington*, p. 870-878.

**FEIGENSON, M.D.**, 1978. The petrology and geochemistry of the Loma de Cabrera Batholith of the western Dominican Republic. Dissertation.

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

**GABB, W. M.**, 1873. On the topography and geology of Santo Domingo. *American Philosophical Society Transactions, new ser.*, 15, p. 49-259.

**GILL, J. B.**, 1981. Orogenic andesites and plate tectonics. Springer Verlag, Berlin, Federal Republic of Germany (DEU).

**HALDEMANN, E.G., BUCHAN, R., BLOWES, J.H., & CHANDLER, T.**, 1979. Geology of lateritic nickel deposits, Dominican Republic; International laterite symposium. Evans, D.J.I., Shoemaker, R.S., and Veltman, H. Eds. New York, Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. International laterite Symposium. p. 57-84.

**HANSEN, J., SKJERLIE, K. P., PEDERSEN, R. B. & DE LA ROSA, J.**, 2002. Crustal melting in the lower parts of island arcs; an example from the Bremanger granitoid complex, West Norwegian Caledonides. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 143, p. 316-335.

**HERNAIZ HUERTA, P.P.**, 2000a. Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Hoja a E. 1:50.000 n° 6071-I (San José de Ocoa). [6072-III]. Santo Domingo, Servicio Geológico Nacional. Proyecto Sysmin.

**HERNAIZ HUERTA, P.P.**, 2000b. Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Hoja a E. 1:50.000 n° 6072-III (Arroyo Caña). [6072-III]. Santo Domingo, Servicio Geológico Nacional. Proyecto Sysmin.

**HERNAIZ HUERTA, P. P. & PÉREZ-ESTAÚN, A.**, 2002. Estructura del cinturón de pliegues y cabalgamientos de Peralta, República Dominicana - Structure of the Peralta thrust and fold belt, Dominican Republic. *Acta Geologica Hispanica*, 37, p. 183-205.

**HEUBECK, C. & MANN, P.**, 1991. Structural geology and Cenozoic tectonic history of the southeastern termination of the Cordillera Central, Dominican Republic. In: Geologic and

tectonic development of the North America-Caribbean Plate boundary in Hispaniola. *Special Paper - Geological Society of America*, 262, p. 315-336.

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

**HUGHES, C. J.**, 1973. Spilites, keratophyres, and the igneous spectrum. *Geological Magazine*, 109, p. 513-527.

**HUMPHRIS, S. E. & THOMPSON, G.**, 1978. Trace element mobility during hydrothermal alteration of oceanic basalts. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, p. 127-136.

**JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) Y METAL MINING AGENCY OF JAPAN (MMAJ)**, 1984. Report on Geological Survey of Las Cañitas Area, Dominican Republic. Tokyo. p. 1-22.

**JENSEN, L. S.**, 1976. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. *Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper*, p. 22.

**JIMENEZ, G. & LEWIS, J. F.**, 1987. Petrología del área de Restauración, República Dominicana. *Transactions of the Caribbean Geological Conference = Memorias - Conferencia Geológica del Caribe*, 10, p. 445-453.

**JOUBERT, M., URIEN, P., MUNDARAY, T., & FONDEUR, L.**, 1998. Proyecto depositos auríferos de Restauración. República Dominicana - Séptimo Fondo Europeo de Desarrollo de las Comunidades Europeas - Convention Lome IV. p. 1-96.

**KESLER, S. E., LEWIS, J. F., JONES, L. M. & WALKER, R. L.**, 1977a. Early island-arc intrusive activity, Cordillera Central, Dominican Republic. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 65, p. 91-99.

**KESLER, S. E. & SPECK, R. C.**, 1973. Plagioclase-bearing dunite from the Western Cordillera Central, Dominican Republic. *Caribbean Journal of Science*, 13, p. 169-172.

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

**KESLER, S. E., SUTTER, J. F., BARTON, J. M. & SPECK, R. C.**, 1991. Age of intrusive rocks in northern Hispaniola. In: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean Plate boundary in Hispaniola. *Special Paper - Geological Society of America*, 262, p. 165-172.

**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.

**LACROIX, A.**, 1904. La Montagne Pelée et ses éruptions. Paris. p. 1-662

**LE BAS, M. J., LE MAITRE, R. W., STRECKEISEN, A. & ZANETTIN, B. A.**, 1986. Chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27, p. 745-750.

**LEWIS, J. F.**, 1980. Granitoid rocks in Hispaniola. *Transactions of the Caribbean Geological Conference = Memorias - Conferencia Geologica del Caribe*, 9, p. 393-401.

**LEWIS, J. F.**, 1982. Ultrabasic and associated rocks in Española. *Transactions of the Caribbean Geological Conference = Memorias - Conferencia Geologica del Caribe*, 9, p. 403-408.

**LEWIS, J. F., AMARANTE, A., BOISE, G., JIMENEZ, G. & DOMINGUEZ, H. D.**, 1991. Lithology and stratigraphy of Upper Cretaceous volcanic and volcanoclastic rocks of the Tiro Group, Dominican Republic, and correlations with the Massif du Nord in Haiti. In: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean Plate boundary in Hispaniola. *Special Paper - Geological Society of America*, 262, p. 143-163.

**LEWIS, J. F., ESCUDER VIRUETE, J., HERNAIZ HUERTA, P. P., GUTIERREZ, 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 - Geochemical subdivision of the Circum-Caribbean Island Arc, Dominican Cordillera Central: Implications for crustal formation, accretion and growth within an intra-oceanic setting. *Acta Geologica Hispanica*, 37, p. 81-122.

**LEWIS, J. F. & KESLER, S. E.**, 1973. Tonalites (Quartz Diorites) from the Cordillera Central, Dominican Republic; A Relatively Minor Plutonic Rock Type in the Greater Antilles and Nicaraguan Rise. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, 54, p. 490-491.

**LEWIS, J. F., PERFIT, M., HORAN, S. & DIAZ DE VILLALVILLA, L.**, 1995. Geochemistry and petrotectonic significance of early island arc bimodal volcanism in the Greater Antilles arc; Geological Society of America, 1995 annual meeting. *Abstracts with Programs - Geological Society of America*, 27, p. 227.

**LOCUTURA, J., BEL-LAN, A. & LOPERA, E.**, 2002. Cartografía geoquímica multielemental en sedimentos de corriente en un contexto de arco isla volcánico. Aplicación al análisis de potencialidad metalogénica en un área de la República Dominicana - Stream sediment geochemical mapping in an island arc context. Application to assessment of mineral resources potentiality in an area of the Dominican Republic. *Acta Geologica Hispanica*, 37, p. 229-272.

**LOUCA, K.**, 1990. Geological setting and base and precious metal deposits of northern Haiti; Transactions of the 12th Caribbean geological conference. *Transactions of the Caribbean Geological Conference = Memorias - Conferencia Geologica del Caribe*, 12, p. 200-216.

**LOVE, D. W., CONNELL, S. D., CHAMBERLIN, R. M., CATHER, S. M., MCINTOSH, W. C., DUNBAR, N., SMITH, G. A. & LUCAS, S. G.**, 2001. Constraints on the age of extensive fluvial facies of the upper Santa Fe Group, Albuquerque and Socorro basins, central New Mexico; Geological Society of America, Rocky Mountain Section, 53rd annual meeting; Geological Society of America, South-Central Section, 35th annual meeting. *Abstracts with Programs - Geological Society of America*, 33, p. 48.

**LUDDEN, J., GELINAS, L. & TRUDEL, P.**, 1982. Archean metavolcanics from the Rouyn-Noranda District, Abitibi greenstone belt, Quebec; 2, Mobility of trace elements and petrogenetic constraints. *Canadian Journal of Earth Sciences = Journal Canadien des Sciences de la Terre*, 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. A geochronological toolkit for Microsoft Excel. *Berkeley Geochronology Center, Special Publication*, 4.

**MANN, P., DRAPER, G. & LEWIS, J. F.**, 1991a. An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola. *Special Paper Geological Society of America*, 262, p. 1-28.

**MANN, P., DRAPER, G. & LEWIS, J. F.**, 1991b. Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean Plate boundary in Hispaniola; preface. *Special Paper Geological Society of America*, 262, p. vii-xvii.

**MARTIN, H.**, 1999. Adakitic magmas; modern analogues of Archaean granitoids; Granites; crustal evolution and associated mineralization. *Lithos*, 46, p. 411-429.

**MASSON, D. G. & SCANLON, K. M.**, 1991. The neotectonic setting of Puerto Rico. *Geological Society of America Bulletin*, 103, p. 144-154.

**MAURRASSE, F., CREWS, P. & VISCONTI, R.**, 1979. Petrologic evidence for the occurrence of back-arc basin igneous activities in the Caribbean during the Early Cretaceous to Santonian/Campanian. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, 60, p. 414.

**MAURY, C. J.**, 1917. Santo Domingo type sections and fossils Pt.1. *Bulletins of American Paleontology*, 5, p. 1-251.

**MESNIER, H.P.**, 1980. Report on the mineral prospects of the Las Cañitas area, Dominican Republic. (inedito), Santo Domingo, Dirección General de Minería. p. 1-55.

**MICHAEL, R.C. & LEWIS, J.F.**, 1980. Structure and tectonics of the south flank of the Massif du Nord-Cordillera Central and adjacent portions of the Plateau Central-San Juan valley, Hispaniola. 9th Caribbean Geological Conference. Santo Domingo . p. 50.

**MONTGOMERY, H., PESSAGNO, E. A. & PINDELL, J.**, 1994. A 195 Ma terrane in a 165 Ma sea: Pacific origin of the Caribbean plate. *GSA Today*, 4, p. 1-6.

**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 B. Lidz, F. Nagle, (Eds.), Miami Geological Society,

**PALMER, H. C.**, 1963. Geology of the Moncion-Jarabacoa area, Dominican Republic.

**PALMER, H.C.**, 1979. Geology of the Moncion-Jarabacoa area, Dominican Republic. En: Lidz B. and Nagle F. eds. Hispaniola; tectonic focal point of the northern Caribbean; three geologic studies in the Dominican Republic, Miami Geol. Soc., Miami, Fla., United States (USA).

**PARDO, G.**, 1975. Geology of Cuba. En: Nairn and Stehli F. eds. The Ocean Basins and Margins.

**PARRISH, J. T., ZIEGLER, A. M. & SCOTese, C. R.**, 1982. Rainfall patterns and the distribution of coals and evaporites in the Mesozoic and Cenozoic; Paleogeography and climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 40, p. 67-101.

- 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., HAWKESWORTH, C.J., & NORRY, M.J.**, 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins; Continental basalts and mantle xenoliths; papers prepared for a UK Volcanic Studies Group meeting at the University of Leicester. United Kingdom. United Kingdom (GBR), Shiva Publ., Nantwich, United Kingdom (GBR). Shiva geology series. 1983.
- PEARCE, J. A. & PEATE, D. W.**, 1995. Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 23, p. 251-285.
- 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*, 25, p. 956-983.
- PÉREZ-ESTAÚN, A., TAVARES, I., GARCÍA CORTÉS, A. & HERNAIZ HUERTA, P. P.**, 2002. Geologic evolution of the Northern margin of the Caribbean Plate, Dominican Republic - Evolución geológica del margen Norte de la Placa del Caribe, República Dominicana. *Acta Geologica Hispanica*, 37, p. 77-78.
- PINDELL, J.L.**, 1994. Evolution of the Gulf of Mexico and the Caribbean. En: Donovan S. K. and Jackson T. eds. Caribbean geology: An introduction, University of the West Indies, Kingston, Jamaica. p. 13-39.
- PINDELL, J.L. & BARRET, S.F.**, 1990. Geology of the Caribbean region: a plate tectonic perspective. En: Dengo G. and Case J. E. eds. The Geology of North America, Volumen H, The Caribbean region, Geological Society of America, Boulder, Colorado. p. 404-432.
- PINDELL, J.L. & BARRETT, S.F.**, 1990. Caribbean plate tectonic history. En: Dengo G. and Case J. E. eds. The Caribbean region, Geol. Soc. Am., Boulder, CO, United States (USA), United States (USA)
- 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, p. 117-152.
- RODDICK, J. C.**, 1987. Generalized numerical error analysis with applications to geochronology and thermodynamics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51, p. 2129-2135.
- RUTH, M.D.**, 1989. Cenozoic Geology of the western San Juan valley, Dominican Republic. M.S. Thesis. George Washington University, Washington. p. 1-252.
- SANZ, J. & SOLER, M.**, 2004. Mapa Geológico de la Hoja a escala 1:50.000 n° 5873-II (Bánica) y memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Santo Domingo, Servicio Geológico Nacional.
- SAUNDERS, J.B., JUNG, P., & BIJU-DUVAL, B.**, 1986. Neogene paleontology in the northern Dominican Republic; 1, Field surveys, lithology, environment, and age. *Bulletins of*

American Paleontology, vol.89, no.323, 79 pp. 89[323]. United States (USA), Paleontological Research Institution, Ithaca, NY, United States (USA). 1925.

**SAWYER, D. A., GRAUCH, V. J. S., SMITH, G. A., KUHLE, A. J., DETHIER, D. P., RODRIGUEZ, B. D. & DESZCZ-PAN, M.**, 1997. Hydrogeology of the Santa Fe Group aquifer system in the Cochiti Pueblo area based on geologic mapping and airborne geophysics; Geological Society of America, 1997 annual meeting. *Abstracts with Programs - Geological Society of America*, 29, p. 334-335.

**SEN, G., HICKEY-VARGAS, R., WAGGONER, D. G. & MAURRASSE, F.**, 1988. Geochemistry of basalts from the Dumisseau Formation, southern Haiti; implications for the origin of the Caribbean Sea crust. *Earth and Planetary Science Letters*, 87, p. 423-437.

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

**SHIROMA, J.**, 1986. Biostratigraphic analysis of Paleogene sediments, southern Dominican Republic. unpubl. B.S. thesis. Princeton University. p. 1-27.

**SIGMARSSON, O., MARTIN, H. & KNOWLES, J.**, 1998. Melting of a subducting oceanic crust from U-Th disequilibria in austral Andean lavas. *Nature (London)*, 394, p. 566-569.

**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*, 155, p. 221-235.

**SINTON, C. W., SIGURDSSON, H., DUNCAN, R. A., LECKIE, R. M., SIGURDSSON, H., ACTON, G. D., ABRAMS, L. J., BRALOWER, T. J., CAREY, S. N., CHAISSON, W. P., COTILLON, P., CUNNINGHAM, A. D., D'HONDT, S. L., DROXLER, A. W., GALBRUN, B., GONZALEZ, J., HAUG, G. H., KAMEO, K., KING, J. W., LIND, I. L., LOUVEL, V., LYONS, T. W., MURRAY, R. W., MUTTI, M., MYERS, G., PEARCE, R. B., PEARSON, D. G., PETERSON, L. C. & ROEHL, U.**, 2000. Geochronology and petrology of the igneous basement at the lower Nicaraguan Rise, Site 1001; Proceedings of the Ocean Drilling Program, scientific results, Caribbean Ocean history and the Cretaceous/Tertiary boundary event; covering Leg 165 of the cruises of the drilling vessel JOIDES Resolution, Miami, Florida, to San Juan Puerto Rico, sites 998-1002, 19 December 1995-17 February 1996. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 165, p. 233-236.

**SMITH, G. A. & KUHLE, A. J.**, 1996. Inter-relationship of late Cenozoic tectonism, sedimentation, and volcanism, northern Santo Domingo Basin, Rio Grande Rift, New Mexico; Geological Society of America, 28th annual meeting. *Abstracts with Programs - Geological Society of America*, 28, p. 515.

**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; Intra-oceanic subduction systems; tectonic and magmatic processes. *Geological Society Special Publications*, 219, p. 99-118.

**SOWERBY, G. B.**, 1850. Descriptions of new species of fossil shells found by J.S. Heneken, Esq. en Moore, J.C., On some tertiary beds in the Island of San Domingo from notes by J.S. Heneken, Esq. with remarks on the fossils. *Geological Society of London, Quarterly Jour.*

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

**SUN, S. S. & MCDONOUGH, W. F.**, 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes; Magmatism in the ocean basins. *Geological Society Special Publications*, 42, p. 313-345.

**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.

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

**VAUGHAN, T. W., COOKE, W., CONDIT, D. D., ROSS, C. P., WOODRING, W. P. & CALKING, F. C.**, 1921. A geological reconnaissance of the Dominican Republic. *Geological Survey Dominican Republic Memoirs*, 1, p. 1-268.

**VOKES, E. H.**, 1989. Neogene paleontology in the northern Dominican Republic. 8. The family Muricidae (Molusca, Gasteropoda). *Bulletins of American Paleontology*, 97, p. 94.

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

**WITSCHARD, M. & DOLAN, J.**, 1990. Contrasting structural styles in siliciclastic and carbonate rocks of an offscraped sequence; the Peralta accretionary prism, Hispaniola. *Geological Society of America Bulletin*, 102, p. 792-806.

**WOLF, M. B. & WYLLIE, P. J.**, 1994. Dehydration-melting of amphibolite at 10 kbar; the effects of temperature and time. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 115, p. 369-383.

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

**WOODRING, W. P., BROWN, J. S. & BURBANK, W. S.**, 1924. Géologie de la République d'Haïti. Département des travaux publics, Port-au-Prince, Haïti. p. 1-710