



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL  
REPÚBLICA DOMINICANA

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

**San Francisco de Macorís  
(6173 IV)**

Santo Domingo, R.D., Diciembre 2006/Diciembre 2010

La presente Hoja y Memoria forma parte del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, Proyecto 1B, financiado, en consideración de donación, por la Unión Europea a través del programa SYSMIN II de soporte al sector geológico-minero (Programa CRIS 190-604, ex No 9 ACP DO 006/01). Ha sido realizada en el periodo 2007-2010 por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (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

Ing. Pol Urien (BRGM)

#### COORDINACIÓN Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA

Ing. Pol Urien (BRGM)

#### MICROPALEONTOLOGÍA

Dra. Chantal Bourdillon (ERADATA, Le Man, Francia)

#### SEDIMENTOLOGÍA Y LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS

Dr. Manuel Abad (INYPSA)

Dr. Fernando Pérez (INYPSA)

#### PETROGRAFÍA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

Dra. Chantal Bourdillon (ERADATA, Le Mans, Francia)

#### GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

Ing. Pol Urien (BRGM)

#### GEOMORFOLOGÍA

Ing. Joan Escuer (GEOCONSULTORES TECNICOS Y AMBIENTALES)

#### MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS

Ing. Eusebio Lopera (IGME)

#### TELEDETECCIÓN

Ing. Juan Carlos Gumiel (IGME)

#### INTERPRETACIÓN DE LA GEOFÍSICA AEROTRANSPORTADA

Dr. José Luis García Lobón (IGME)

#### DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Eusebio Lopera (IGME)

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

-Ing. Enrique Burkhalter. Director de la Unidad Técnica de Gestión (TYPGA) 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 Jaime Almera del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona, España)

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DEL Servicio Geológico Nacional

Ing. Santiago Muñoz

Ing. María Calzadilla

Ing. Jesús Rodríguez

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

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

- Muestras y sus correspondientes preparaciones
- Fichas petrográficas y/o micropaleontológicas de cada una de las muestras
- Mapas de muestras
- Álbum de fotos
- Lugares de Interés Geológico
- Informe sedimentológico de formaciones arrecifales y no arrecifales

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

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

Y los siguientes informes complementarios:

- Informe de Sedimentología de formaciones arrecifales y no arrecifales
- Informe de Petrología y Geoquímica de las Rocas Ígneas y Metamórficas
- Informe de interpretación de Geofísica Aerotransportada

Las fotos están incluidas en la presente memoria.

## RESUMEN

La Hoja a escala 1:50.000 de San Francisco de Macorís (6173-IV) está situada en el centro noreste de la República Dominicana perteneciendo principalmente al la parte oriental del dominio tectono-estratigráfico de la Cuenca del Cibao. Incluye, al noroeste, la terminación de la elevación de San Francisco (*San Francisco Ridge*) y al suroeste, unas peridotitas ligadas a la falla la Española.

La mayor parte de la hoja corresponde a una depresión aplanada ocupada por los valles de los ríos Camu, Yuna y Licey. Esta depresión esta rellenas principalmente por sedimentos finos pleistocenos constituidos de principalmente de arcillas expansivas siltosas localmente carbonatadas. Estas arcillas están cubiertas por suelos orgánicos negros cubiertos de arrozales muy característicos en la hoja. En la ase de estas arcillas se desarrolla el Conglomerado de Azlor visible en superficie en los alrededores de San Francisco o en unas incisiones de erosión a lo largo de la red hidrográfica.

El basamento de estas formaciones pleistocenas aflora de manera muy restringida. Al Noreste, en la ciudad de San Francisco, Son calizas bioclásticas y coralinas de la Unidad Macorís (Mioceno superior – Plioceno inferior). Al Oeste, en le cauce del Río Licey, las formaciones pleistocenas descansan en discordancia sobre las margas de la Formación Gurabo del Plioceno Inferior. A la esquina Suroeste de la hoja, afloran unas peridotitas de conjunto de las Peridotitas de Loma Caribe que afloran a lo largo de la Falla La Española en toda la Isla

A parte de la traza de la Falla La Española marcada por las peridotitas, no se destacan estructuras mayores dentro de la Hoja. La red hidrográfica subraya unos accidentes paralelos a la Zona de Falla La Española en la parte occidental. En el Sector Norte, Las arcillas pleistocenas aparecen afectadas por unos accidentes ONO-ESE paralelos a la Zona de Falla Septentrional y a la Elevación de San Francisco que se extiende hacia el este.

## ABSTRACT

The 1:50.000 scale sheet of San Francisco de Maoris (6173-IV) is located in centre northeast of the Dominican Republic belonging mainly to the Eastern part of the tectono-stratigraphic domain of the Cibao Basin. It includes, to the northwest, the completion of the San Francisco Ridge and to the southwest, peridotites related to the Española Fault Zone. Most surface of the map corresponds to a flattened depression occupied by valleys of the rivers Camu, Yuna and Licey. This depression is stuffed mainly by Pleistocene fine sediments of carbonated silty expansive clays (Arcillas de Rio Licey). These clays are covered by organic black soils cultivated in characteristic rice fields. These expansive clays are supported in accordance by the Azlor Conglomerate which is visible in surface in the neighbourhood of San Francisco town or in incisions of erosion along the hydrographical network.

The bed rock of this pleistocene formation arises in very scarce locations. To the Northeast, in the city of San Francisco, the bed rock corresponds to bioclastic and coralline limestones and marls of the Maoris Unit (Upper Miocene – Lower Pliocene). To the West, in the Rio Licey river bed, the pleistocene formation rests in unconformity over marls of the Gurabo Formation (Lower Pliocene).

In the South-western corner of the map, ultramafic rocks from the Peridotites of Loma Caribe Unit arise along a short section of the Española Fault Zone which is the most important tectonic feature across the Hispaniola Island. Inside the map

In the western part of the map, the hydrographical network emphasizes a set of a NNO-SSE faults parallel to the Española Fault Zone in the northern part, the Pleistocene clays appear intersected by accidents parallel to the Septentrional Fault Zone which cross the neighbouring maps of Salcedo and Pimentel in-between the northern Cordillera and the San Francisco Ridge.

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1. Metodología</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2. Situación geográfica</b> .....	<b>12</b>
<b>1.3. Marco geológico</b> .....	<b>18</b>
<b>1.4. Marco tectónico</b> .....	<b>24</b>
<b>1.5. Antecedentes</b> .....	<b>32</b>
<b>1.5.1. Introducción</b> .....	<b>32</b>
<b>1.6. Elevación de San Francisco</b> .....	<b>35</b>
<b>1.6.1. Generalidades</b> .....	<b>35</b>
<b>1.6.2. Unidad Macorís: Calizas micríticas de color blanquecino a crema con parches de calizas arrecífales y intercalaciones de siltitas calcáreas -2- Mioceno superior Plioceno inferior</b> .....	<b>38</b>
1.6.2.1. Presentación y antecedentes .....	38
1.6.2.2. Descripción particular a la Hoja .....	39
<b>1.7. Paleógeno - Neógeno del Dominio del Cibao</b> .....	<b>43</b>
<b>1.7.1. Introducción</b> .....	<b>43</b>
<b>1.7.2. Estratigrafía y Sedimentología del Grupo Yaque</b> .....	<b>44</b>
<b>1.7.3. Formación Gurabo – margas de cuencas grises a ocre con intercalaciones de siltitas calcáreas-3- (Plioceno inferior)</b> .....	<b>45</b>
1.7.3.1. Presentación y antecedentes .....	45
1.7.3.2. Descripción particular a la Hoja .....	48
<b>1.8. Recubrimiento Cuaternario Pleistoceno a actual</b> .....	<b>50</b>
<b>1.8.1. Unidad de los conglomerados de Azlor : Cuaternario – Pleistoceno a Holoceno</b> .....	<b>50</b>

1.8.1.1. Presentación y antecedentes .....	50
1.8.1.2. Descripción particular a la Hoja .....	52
<b>1.8.2. Unidad de Licey al Medio - Arcillas endorreicas expansivas muy plásticas (esméticas) frecuentemente calcáreas con intercalaciones subordinadas de siltitas y arenas finas y con desarrollo de vertisuelos negros -14- (Cuaternario Pleistoceno) .....</b>	<b>59</b>
1.8.2.1. Presentación y antecedentes .....	59
1.8.2.2. Descripción particular a la Hoja .....	61
1.8.2.2.1. Las arcillas expansivas con intercalaciones arenosas.....	63
1.8.2.2.2. Los niveles arcillo-orgánicos negros .....	65
<b>1.9. Recubrimiento Cuaternario Pleistoceno a actual.....</b>	<b>67</b>
1.9.1. Cuaternario - Coluviones: cantos, arenas con matriz arcillosa – 6.....	67
1.9.2. Cuaternario - Terrazas bajas de derrame aluvial y abanicos de baja pendiente: arenas y limos con arcillas - 7 .....	68
1.9.3. Cuaternario - Llanura aluvial y de inundación: limos, arcillas y arenas – 8 .	70
1.9.4. Cuaternario Paleomeandros: limos, arcillas y arenas.....	72
1.9.5. Cuaternario - Aluviones de fondo de valle: Gravas arenas y arcillas .....	72
<b>2. TECTONICA.....</b>	<b>73</b>
2.1.1. Generalidades .....	73
2.1.2. Zona de Falla de la Española con ocurrencias de la Peridotita de Loma Caribe .....	74
2.1.2.1. Generalidades .....	74
2.1.2.2. Descripción particular a la Hoja .....	75
2.1.3. Neotectónica del relleno cuaternario .....	75
2.1.4. Elevación de San Francisco.....	75
2.1.5. Interpretación de los datos de geofísica sísmica .....	77
<b>3. GEOLOGÍA ECONÓMICA .....</b>	<b>80</b>

<b>3.1. Hidrogeología .....</b>	<b>80</b>
<b>3.1.1. Climatología .....</b>	<b>80</b>
<b>3.1.2. Hidrografía.....</b>	<b>80</b>
<b>3.1.3. Descripción hidrogeológica.....</b>	<b>80</b>
<b>3.2. Riesgos naturales .....</b>	<b>82</b>
<b>3.2.1. Riesgo de erosión hídrica .....</b>	<b>82</b>
<b>3.2.2. Riesgo de inundación.....</b>	<b>82</b>
<b>3.2.3. Riesgos de deslizamientos de taludes .....</b>	<b>83</b>
<b>3.2.4. Riesgo sísmico y asociado .....</b>	<b>86</b>
<b>3.3. Recursos minerales .....</b>	<b>87</b>
<b>3.3.1. Generalidades .....</b>	<b>87</b>
<b>3.3.2. Arenas y gravas .....</b>	<b>89</b>
<b>3.3.3. Arcillas.....</b>	<b>89</b>
<b>3.3.4. Hidrocarburos .....</b>	<b>90</b>
<b>4. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO (L.I.G.) .....</b>	<b>90</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>91</b>
<b>6. ILUSTRACIONES.....</b>	<b>103</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Debido al carácter incompleto y no sistemático del mapeo de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través de la Dirección General de Minería (DGM), se decidió a abordar a partir de finales de la década pasada, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea. El Programa SYSMIN tiene como objetivo primordial favorecer el desarrollo del sector geológico-minero y mejorar las condiciones de vida de la población frente a los fenómenos sísmicos, la contaminación de las aguas subterráneas y la degradación del medio ambiente generada por las explotaciones mineras en la República Dominicana. Como continuación de los proyectos de Cartografía Geotemática desarrollados dentro del programa SYSMIN I, denominados C (1997-2000), K (2002-2004) y L (2002-2004), el consorcio integrado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) e Informes y Proyectos S.A. (INYPESA), ha sido el responsable de la ejecución, bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG) y la supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN), del presente Proyecto 1B.

El objetivo general del Proyecto 1B consiste en la producción de mapas geológicos a escala de 1:50 000 y otros mapas geotemáticos a escala de 1:100 000 siguiendo una normativa precisa en cuanto a su realización. Se trata de continuar la provisión de información geocientífica por el Estado en forma de mapas geológicos y temáticos (mapas geomorfológicos, mapas de recursos minerales, y mapas de procesos activos), bases de datos y otra información que sirve como base para la selección y delimitación de áreas a explorar, la selección de métodos de exploración y para la evaluación de los resultados, así como para el uso de tierras, evaluación de riesgos geológicos y prevención de desastres, entre otros.

Este Proyecto incluye, entre otros trabajos, la elaboración de 65 hojas geológicas a escala 1:50 000 que componen la totalidad o parte de los siguientes cuadrantes a escala 1:100 000:

- **La Isabela: (J)** Barrancón (5975-I), El Mamey (5975-II), Villa Vázquez (5975-III), El Cacao (5975-IV);
  
- **Puerto Plata (J):** Puerto Plata (6075-II), Imbert (6075-III), Luperón (6075-IV);

- **Santiago (6074):** San Francisco Arriba (6074-I), Santiago (6074-II), San José de las Matas (6074-III), Esperanza (6074-IV);
- **La Vega (6073):** La Vega (6073-I), Jarabacoa (6073-II), Manabao (6073-III), Jánico (6073-IV);
- **Sabaneta de Yásica (6175):** Sabaneta de Yásica (6175-III);
- **Salcedo (6174):** Río San Juan (6174-I), Guayabito (6174-II), Salcedo (6174-III), Gaspar. Hernández (6174-IV);
- **San Francisco de Macorís (6173):** Pimentel (6173-I), Cotuí (6173-II), Fantino (6173-III), San Francisco de Macorís (6173-IV);
- **Nagua (6274):** Nagua (6274-III), Cabrera (6274-IV);
- **Sánchez (6273):** Sánchez (6273-I), Palmar Nuevo(6273-II), Cevicos (6273-III), Villa Riva (6273-IV);
- **Samaná (6373):** Las Galeras (6373-I), Sabana de la Mar (6373-III), Santa Bárbara (6373-IV);
- **Las Lisas (6472):** La Vacama (6472-I), El Salado (6472-II);
- **Enriquillo (5969):** Enriquillo (5969-I), Isla Beata (5969-II), Oviedo (5969-III), Arroyo Dulce (5969-IV);
- **Barahona (5970):** La Ciénaga (5970-II), Polo (5970-III);
- **Cabo Rojo (5869):** Cabo Rojo (5869-I), Punta Cimanche (5869-II);
- **Pedernales (5870):** Puerto Escondido (5870-I), Pedernales (5870-II).

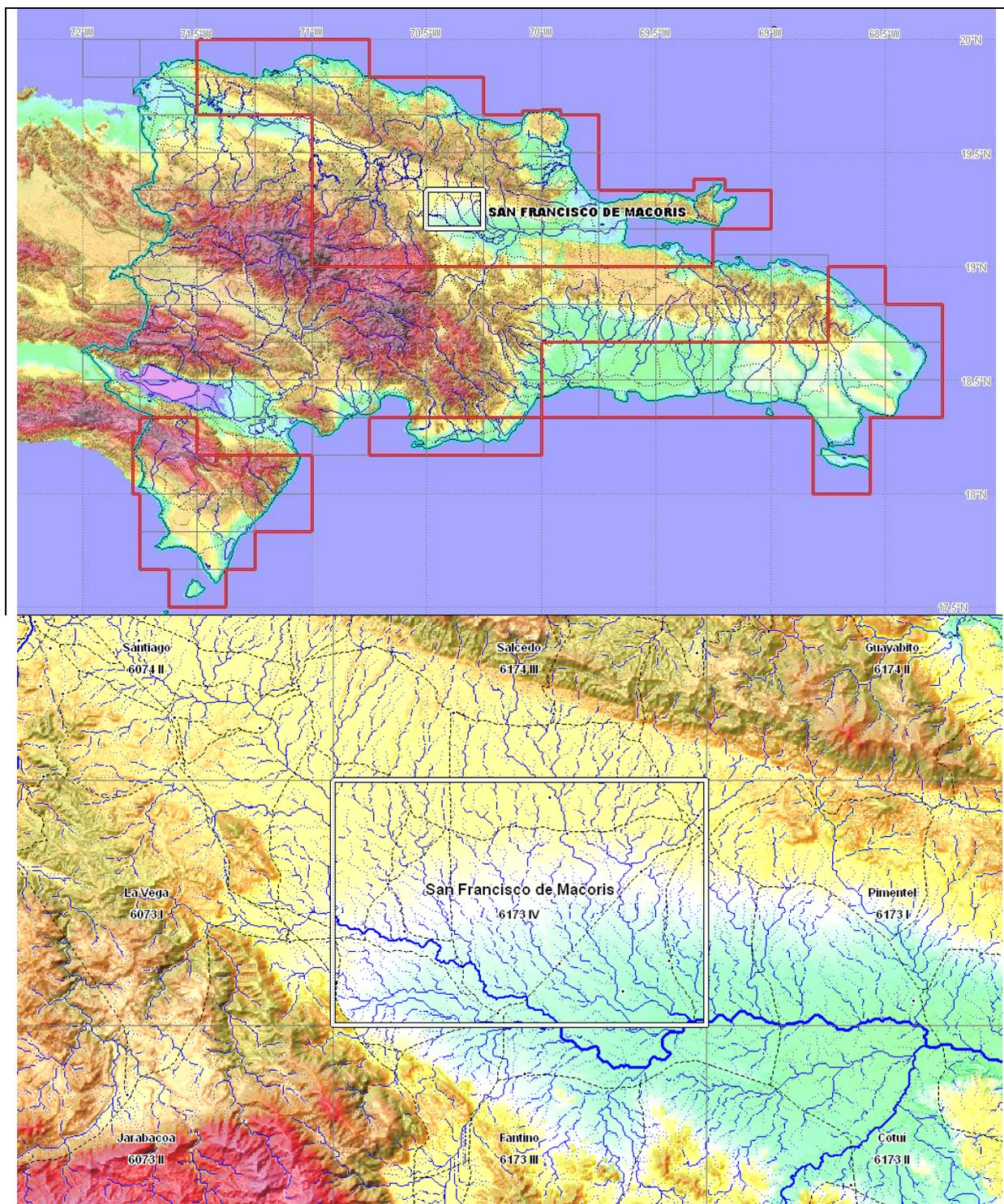


Fig. 1: Ubicación de la Hoja San Francisco de Macoris (6173-IV) con las hojas adyacentes

### **1.1. Metodología**

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) .

Como apoyo a los trabajos de campo, se interpretaron las imágenes disponibles de satélite (Landsat TM y radar SAR) , los datos de la geofísica aerotransportada (magnetismo y radiometría; CGG (Compagnie Generale de Geophysique) , 1999) , los datos y fotos disponible de la herramienta Google Earth© y las fotografías aéreas a escala 1:40.000 del Proyecto MARENA o a escala 1:60.000 (1966) .

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 ya descritas (topografía, imágenes de satélite, datos geofísicos y espectrométricos, etc.) ya incorporadas en el SIG. Cabe señalar que las coordenadas de latitud y longitud citadas en el texto están en grados decimales en 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, sedimentológicas, geoquímicas y dataciones) , datos de tipo estructural y fotografías.

Ya que cada Hoja forma parte de un contexto geológico más amplio, el desarrollo de cada una de ellas se ha enriquecido mediante la información aportada por las restantes, con frecuentes visitas a sus territorios.

### **1.2. Situación geográfica**

La Hoja de San Francisco de Macorís (6173-IV) está ubicada en el sector Norte de la República Dominicana, a unos 100 Km. en línea recta al Norte de la capital Santo Domingo y 130 Km. cuyos 100km por la autopista. La superficie del cuadrante totaliza 486 km<sup>2</sup> (Fig. 1) . El sector Noroeste de su territorio pertenece a el Municipio de Caetano Germosén en la Provincia Espaillat, La Parte centro Norte al Municipio de de Villa Tapia en la Provincia Hermanas Mirabal (Ex Salcedo), la Parte oriental a los Municipios de San Francisco de Macorís y Las Guaranas en la Provincia Duarte. El sector Suroeste pertenece a la Provincia de La Vega (Municipios de La Vega y de Jima Abajo) (Fig. 2) .



Fig. 2: Ubicación de la Hoja San Francisco de Macorís (6173-IV) en el marco administrativo nacional

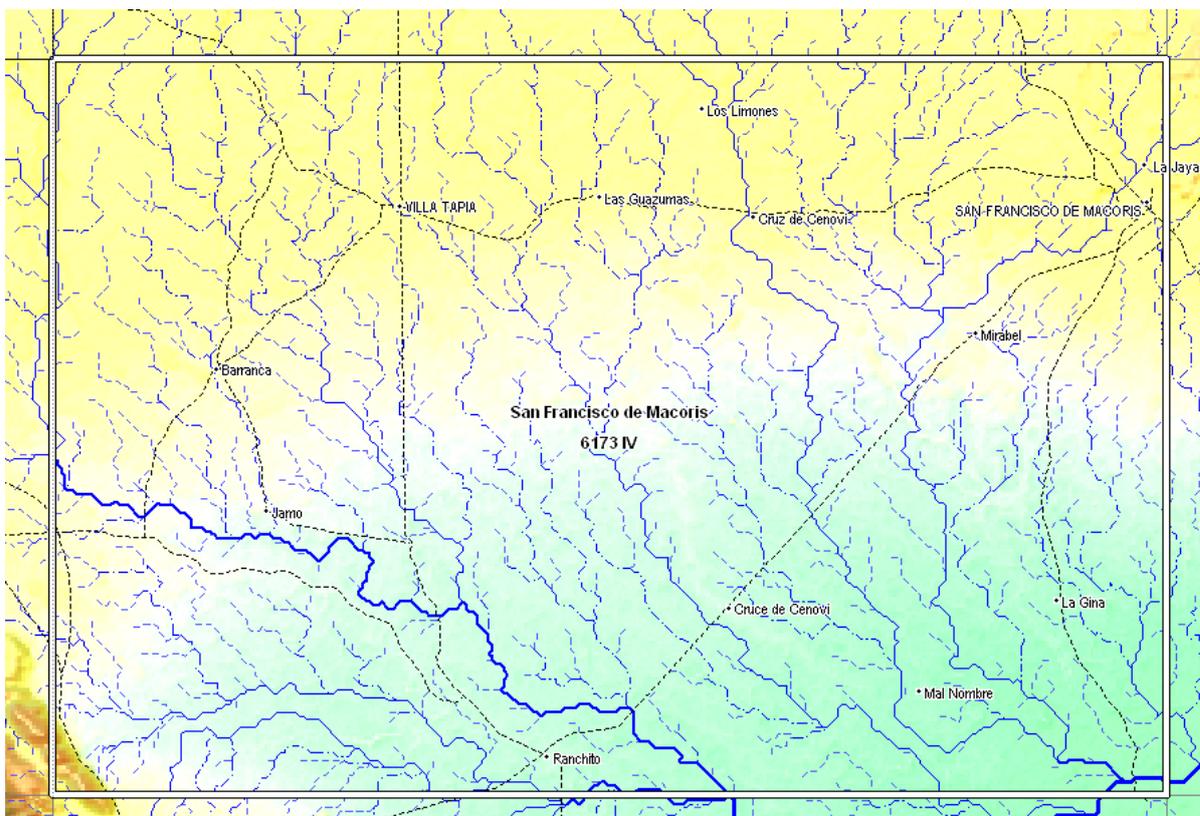


Fig. 3: Morfología de la Hoja San Francisco de Macorís (6173-IV) con la red de accesos y de drenajes

Desde el punto de vista fisiográfico, la Hoja se ubica principalmente en la parte Norte del Valle de los ríos Yuna, Camú y Licey salvo sector Sureste. Este sector que abarca la ladera

sur del valle del Río Camú y una pequeña parte de la Cordillera Central representada aquí por un relieve abrupto constituido por las peridotitas de la Loma Caribe. La elevación máxima en la hoja (220m) se ubica en esta esquina. La elevación mínima (35m) se ubica en la esquina Sureste de la Hoja cerca de la confluencia del Río con el Río Yuna. La elevación de la parte Norte oscila entre 100m en el oeste y 150m al Norte de la ciudad de San Francisco. Entre estas elevaciones y cauces de río el valle esta constituida por un relleno arcilloso con un desarrollo superficial de suelos orgánicos negros. Los pendientes son muy suaves y la zona de inundación de los ríos Camú y Yuna tiene una extensión importante en toda la parte sur de la hoja. La zona de la ciudad de San Francisco se ubica al en la terminación del relieve del “San Francisco Ridge” bien desarrollado en La Hoja Pimentel. En esta zona, tal como en una faja bordeando la Hoja al Norte, los suelos son más arenosos y los ríos y arroyos se encajonan de una decena de metro debajo de la superficie general inclinada hacia el Sur.

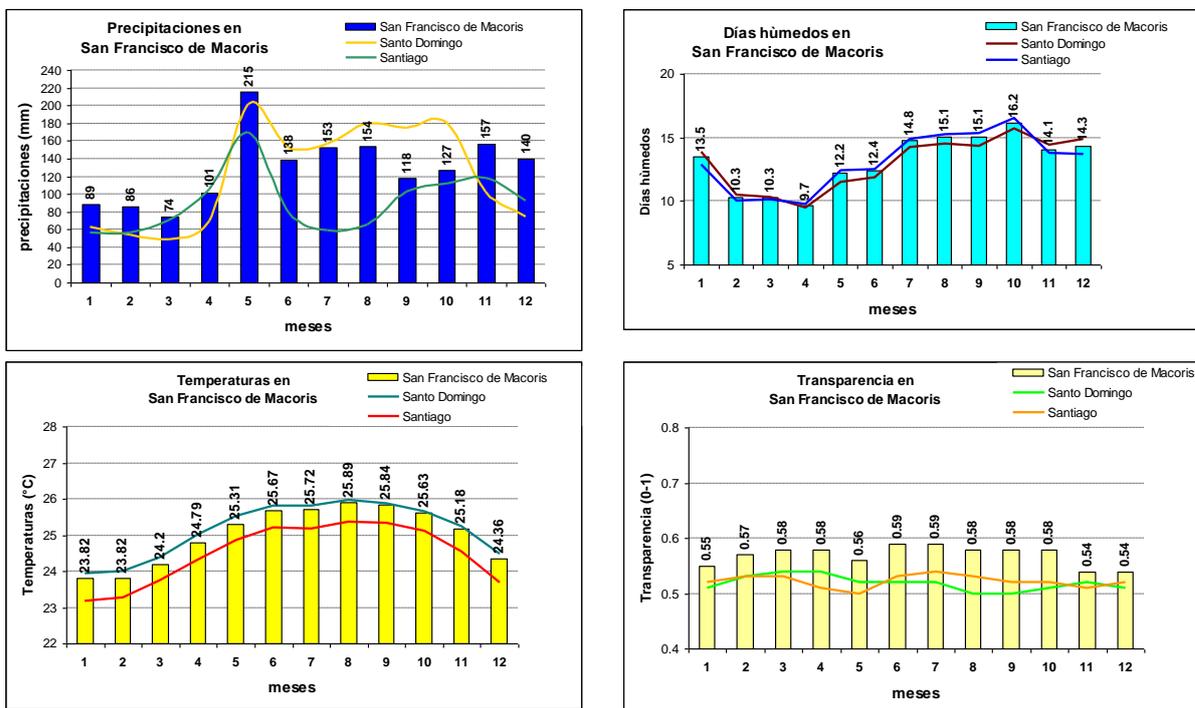


Fig. 4: Vista parcial de la Hoja desde el Suroeste (Loma Del Caribe) hacia el Noreste con la Autopista Duarte en el segundo plano

La vegetación en el marco de la hoja esta completamente antropizada salvo unos árboles en relictos de bosque de tipo húmedo subtropical entre los cultivos de cacao en el límite norte de la Hoja. La zona central de la hoja de relieve suave o sub horizontal esta valorizada en Arrozales aprovechando el relieve plano y la red hidrográfica para el Riego; Las partes periféricas de relieve ondulado están ocupada por plantaciones importante de Plátanos en la zonas de suelos arcillosos y de finca de pastos en las zonas de suelos mas arenosos. En la Parte Noroeste de relieve más marcado y de suelos arenosos más drenante se desarrolla intensamente el cultivo de cacao.

En La Hoja, el clima está determinado por la influencia del corredor entre las Cordilleras Septentrional y Oriental. Este corredor permite a las depresiones principales llegando del noreste, de entrar en la zona .

Los promedios mensuales de las precipitaciones, días húmedos, temperaturas, transparencia, insolación y velocidad de viento aparecen en la Fig. 5.



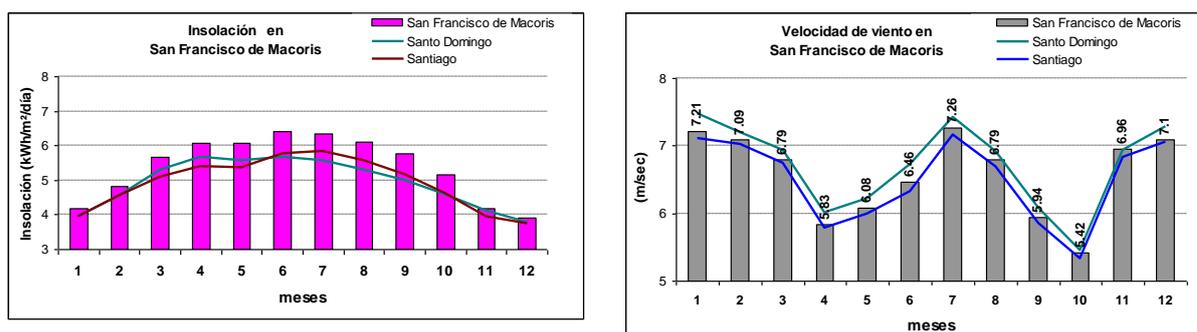


Fig. 5: Gráficos climáticos de los promedios mensuales en San Francisco de Macoris.

A lo largo del año, la pluviosidad (promedio anual 1552mm) se reparte de una manera más uniforme que en Santiago o Santo Domingo con un máximo (215mm) en el mes de Mayo y una temporada lluviosa de 4 meses (Mayo a Agosto). Los días húmedos superan un promedio de 15 de Agosto a Octubre.

La temperatura promedio mensual presenta variaciones moderadas a lo largo del año con temperaturas superior a 25°C de Mayo a Noviembre. Los promedios de temperaturas son superiores de casi un grado a los de Santiago. Los valores de transparencia del aire e insolación aparecen superiores a los de Santiago y de la capital.

Los datos demográficos están detallados en la Tab.2 a continuación, con por parte los datos de los censos de 1993 y 2002 y las proyecciones para los años 2007 Y 2008.

	Densidad 1993 hab./km2	Densidad 2002 hab./km2	Densidad 2007 hab./km2	Densidad 2008 hab./km2
Municipio de San Francisco		259		
Municipio de Caetano Germosen		382		
Municipio de La Vega		344		
Municipio de Las Guaranas		154		
Municipio de Villa Tapia		266		
Provincia Espaillat	241	268	280	290
Provincia Hermanas Mirabal	231	219	210	213
Provincia Duarte	176	177	175	179
Provincia de La Vega	151	168	176	183
Republica Dominicana	<b>150</b>	<b>176</b>	<b>190</b>	<b>199</b>

Fig. 6: Porcentaje de población urbana / rural

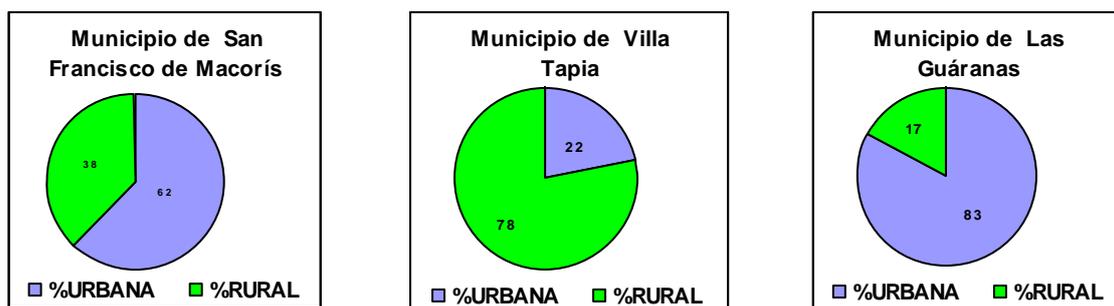


Fig. 7: Datos demográficos del sector de San Francisco de Macoris

En el perímetro de la Hoja, la densidad de población es alta y muy homogénea entre 382 y 259 correspondiendo a las partes de mas actividad en el marco de las provincias respectivas El reparto entre población urbanas y rurales hace resaltar los municipios de actividad agrícola. El diagramo del municipio de las Guaranas es muy específico en una zona de actividad agrícola con una densidad media la población es esencialmente urbana por estar concentrada en la zona urbana a fuera de los peligros de las inundaciones frecuentes del Río Yuna.

La zona es una de las provincias dominicanas de mayor desarrollo económico y de gran diversidad. El centro fabril y comercial es San Francisco de Macoris que llega a ser una de las ciudades más importante del país. La actividad es eminentemente agrícola y ganadera. Los principales productos agrícolas son arroz, cacao, café y plátano. Es muy importante la pecuaria, especialmente de ganado vacuno y lechero. San Francisco posee muchas agroindustrias desarrolladas para procesar los productos de la provincia y regiones aledañas.

Sin embargo, el factor que determinó el súbito empuje económico de la ciudad fue el constante envío de remesas, invertidas en la economía local de parte de los miles de francomacorisanos que emigraron a los Estados Unidos durante la década de los ochenta y principios de los noventa.

La red de carreteras pavimentadas es muy densa en toda la hoja. Además San Francisco se ubica en el trayecto de la capital a la Península de Samaná que esta ahora compitiendo con la nueva carretera del Este Santo Domingo-Samaná uniendo directamente la capital a la Península de Samaná y Sánchez.

### 1.3. Marco geológico

La geología de la Republica Dominicana se caracteriza por una gran heterogeneidad de materiales sedimentarios y volcánicos representados, a la que hay que añadir, además, la presencia de numerosos cuerpos intrusivos acompañados por importantes cortejos filonianos. Esta diversidad de materiales puede apreciarse en el esquema geológico de la Isla que se muestra en la figura Fig. 8

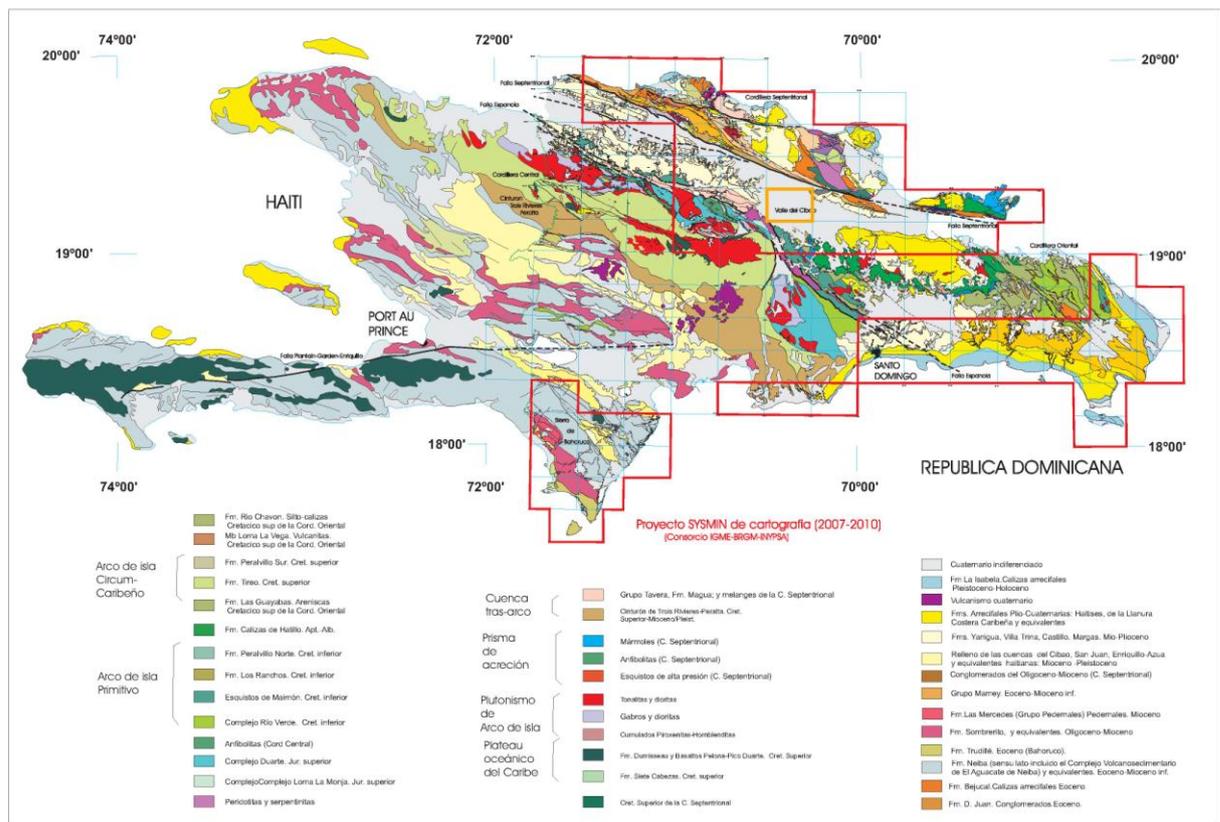


Fig. 8: Esquema geológico de la Isla de La Española, con la posición de la Hoja de San Francisco de Macoris (naranja)

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

- En primer lugar, y al menos durante el Mesozoico, por el carácter oceánico de la Isla. La Española estuvo asentada desde el Jurásico hasta el Paleoceno sobre una zona muy activa de la corteza oceánica. En estas condiciones se producen distintos procesos de subducción, que provocan, 1) la presencia de un vulcanismo de arco de isla, con diversos episodios eruptivos y la consiguiente presencia de materiales vulcanosedimentarios, y 2) 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 marinas 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 producción biológica en las aguas circundantes, posibilitando en las plataformas someras la formación de calizas, muchas veces de tipo arrecifal y la acumulación en las aguas más profundas de potentes serie de calizas pelágicas o hemipelágicas. Este mismo factor climático es también responsable de las tasas altas de meteorización que van a favorecer la acumulación de grandes depósitos de materiales detríticos, debido a la rápida erosión de los relieves y transporte de sedimentos hacia las cuencas.

-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. Esta tectónica va a dar lugar a

- 1) una elevada tasa de denudación
- 2) a la formación de cuencas profundas y compartimentadas, donde podrán acumularse potentes series sedimentarias. Esta intensa actividad tectónica dará lugar, a su vez, a la presencia de frecuentes depósitos sintectónicos y a la yuxtaposición en el espacio de materiales originalmente depositados a distancias considerables.

La repartición espacial de este conjunto de materiales es muy desigual, pudiendo diferenciarse, dentro de la isla de La Española, una serie de dominios unidades morfotectónicas y terrenos tectonoestratigráficos con características diferenciadas (Fig. 9 y Fig. 10). 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 etapas de deformación. Las atribuciones estratigráficas de los distintos dominios aparecen en el Fig. 11.



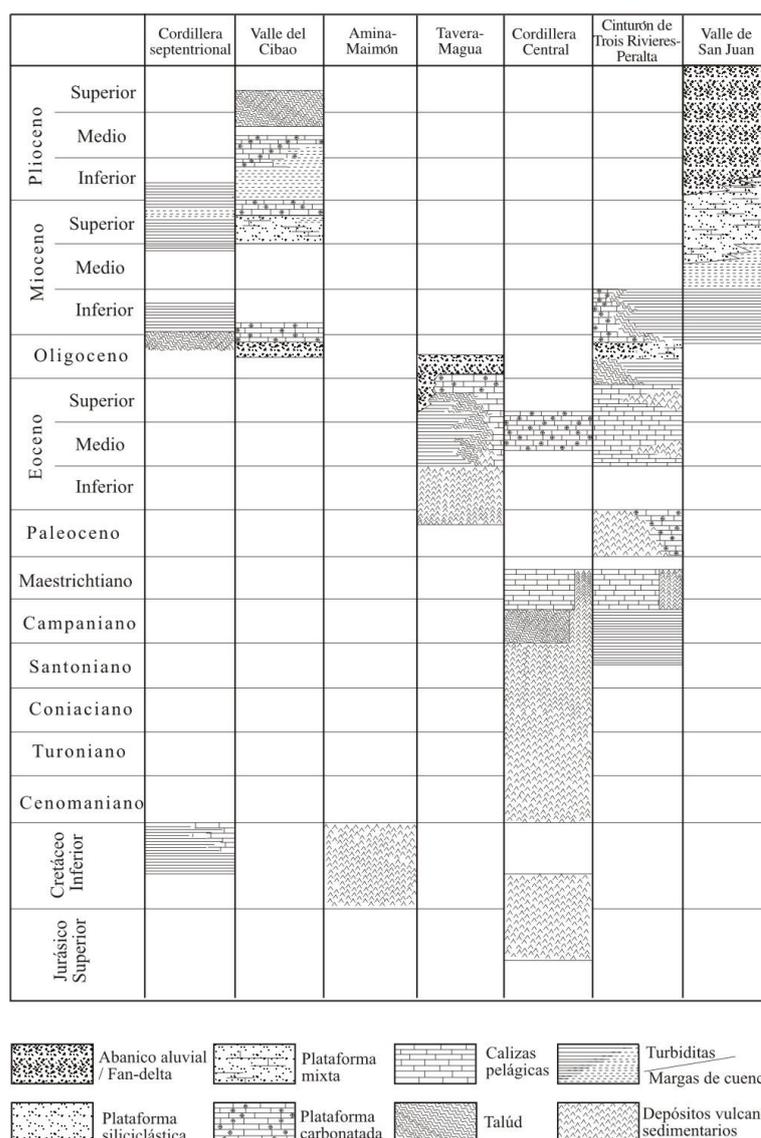


Fig. 11: Cuadro estratigráfico sintético de los distintos dominios

De Norte a Sur los dominios tectonosedimentarios son los siguientes:

- Dominio de la **Cordillera Septentrional y Península de Samaná**, limitado al Norte por el Océano Atlántico y al Sur por la Falla Septentrional. Los materiales representados en la Cordillera Septentrional pertenecen a diversos dominios sedimentarios depositados sobre distintos complejos de basamento. Por un lado, en la parte más septentrional, se encuentran diversos complejos dominados por rocas que han sufrido un metamorfismo de alta presión y que pertenecían a la Placa de Norteamérica. Actualmente se encuentran desmembrados, formando diversos macizos (Samaná, Río San Juan y Puerto Plata). En la parte meridional, los complejos de basamento están dominados por rocas volcánicas y vulcanosedimentarias,

con algunas intrusiones plutónicas, y pertenecían a los diferentes complejos de arco de isla desarrollados en la placa del Caribe (Complejos de Pedro García, Palma Picada y El Cacheal). Por encima de todos estos complejos se encuentran potentes series de carácter fundamentalmente turbidítico, con episodios de margas de cuenca y facies de talud, que abarca una edad Oligoceno Superior a Plioceno Inferior.

- 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, dispuestas de forma escalonada, 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. Presentan una intensa deformación y metamorfismo, y no se encuentran nunca al Sur de la Falla de La Española.

-El dominio de **Tavera** tiene su área de afloramiento limitada por el sur por la Zona de Falla de La Española, y está 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, series turbidíticas, calizas de plataforma y conglomerados deltaicos y fluviales, todo ello con un rango de edades comprendido entre el Eoceno Inferior y el Oligoceno Inferior.

- 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 los incluidos dentro del 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, han experimentado numerosas intrusiones, principalmente de carácter ácido, y diversos grados y tipos de metamorfismo.

- El dominio del **Cinturón de Trois Rivières-Peralta** está limitado al norte por la Zona de Falla de San José-Restauración, y por el sur por la Falla de San Juan-Los Pozos e incluye una potente serie con un rango de edades entre el Cenomaniense 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** se sitúa inmediatamente al sur de la Zona de Falla de San Juan-Los Pozos. 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.

- La **Sierra de Neiba**, al sur de la Cuenca de San Juan, forma parte del denominado terreno de Presqu'île du Nord-Ouest-Neiba, unidad definida con poca precisión y que en su descripción original también incluye la cuenca de Enriquillo (Mann et al., 1991b). Con directrices cambiantes de ONO-ESE a NO-SE o a E-O, determinadas por la sucesión, en relevo, de pliegues de gran radio y relativamente discontinuos en dirección, esta sierra está formada casi enteramente por litologías calcáreas de edad Eoceno-Mioceno Inferior y, en menor proporción, por litologías margo-calcáreas de edad Mioceno. El límite sur de la Sierra de Neiba, con la cuenca de Enriquillo, corresponde a un límite tectónico formado por una zona de cabalgamientos de relativo alto ángulo con vergencia sur, retocados o asociados a desgarres.

- La **Cuenca de Enriquillo** se extiende con una dirección ONO-ESE entre las sierras de Neiba y Batoruco, y al sur de la sierra de Martín García. El dominio se prolonga también por el norte de esta sierra, donde conecta con la Cuenca de Azua, que a su vez conecta con la

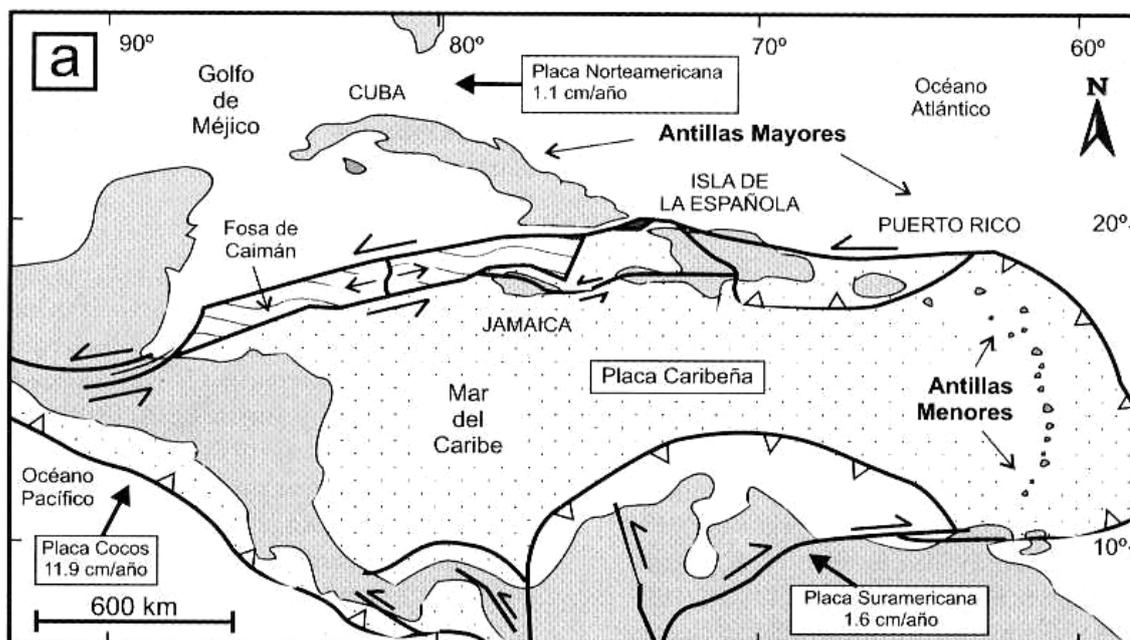
de San Juan, de tal forma que las tres comparten buena parte de su evolución. La cuenca de Enriquillo está rellena por materiales del Mioceno al Cuaternario que, en conjunto, conforman una macrosecuencia somerizante de más de 4.000 de espesor, con ambientes marinos en la base y continentales a techo. Es destacable la presencia en esta cuenca de formaciones evaporíticas de importante espesor.

- La **Sierra de Bahoruco** constituye el dominio geológico más meridional de La Española, y forma parte del terreno Hotte-Serre-Bahoruco. Está constituido por un basamento volcánico de edad Cretácico superior, que representa una porción aflorante del plateau caribeño. Sobre estos materiales volcánicos y sedimentarios pelágicos se encuentra una secuencia principalmente carbonatada, con diversas unidades representadas por calizas de plataforma somera hasta facies de plataforma más externa, de edad Eoceno-Plioceno, que muestran una evolución sedimentaria controlada fundamentalmente por el eustatismo hasta el Plioceno, donde se registra el efecto de la falla transfer de Beata que contribuye, en parte, a la elevación de la Sierra de Bahoruco, producto de una situación geodinámica de convergencia oblicua y transpresión generalizada en toda la isla.

La hoja se ubica entre los dominios de la Cordillera Septentrional al Norte y de la Cuenca del Cibao al Sur. La estructura de "Push Up de la Elevación de San Francisco" relacionada a la transpresión en la zona de la Falla Septentrional se termina en el sector Noreste de la Hoja.

#### **1.4. Marco tectónico**

La isla de La Española forma parte del archipiélago de las Antillas Mayores, que forman el segmento septentrional de una cadena de arcos de isla que circunda la Placa del Caribe desde Cuba hasta Venezuela. Desde el punto de vista geodinámico, esta región está ubicada en el límite norte de una pequeña placa, la Placa Caribeña que desempeña el papel de una zona de convergencia entre la Placa de América del Norte, la Placa de América del Sur y las pequeñas placas del Pacífico este: las Placa Cocos y Placa Nazca (Fig. 12).



La Española es la segunda isla en extensión de las Antillas Mayores. 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 (Pindel y Barret 1990, Pindel 1994).

La Isla de 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 y Scanlon, 1991). El margen Norte de la Placa del Caribe ha evolucionado desde constituir un límite controlado por subducción en el Cretácico y parte del Eoceno (Fig. 13), 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 senestral, que acomodan el desplazamiento hacia el Este de la Placa del Caribe en relación con Norteamérica (Mann *et al.*, 1991b).

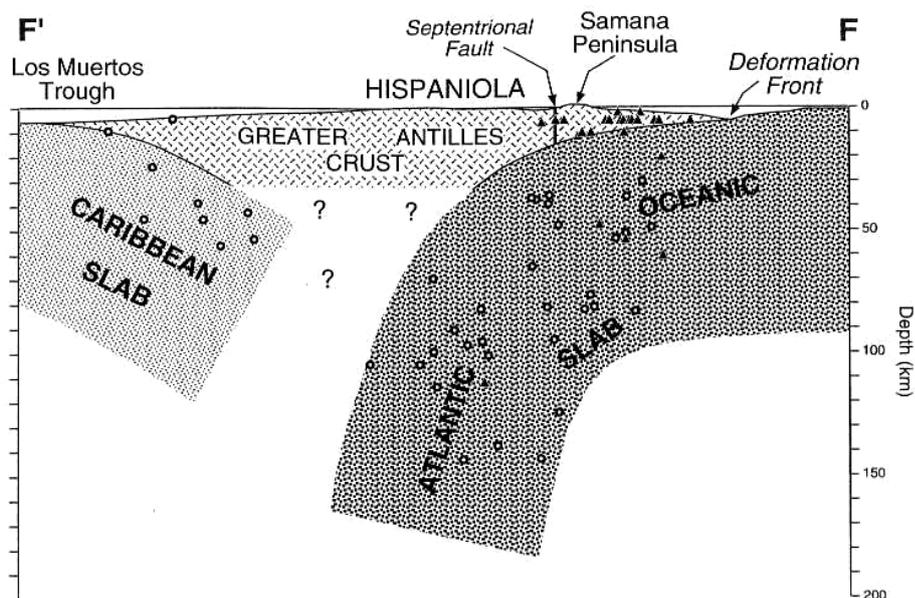


Fig. 13: Corte interpretativo que permite visualizar las relaciones entre La Isla de La Española y las placas Norteamericana y Caribeña (Dolan J.F. *et al.*, 1998).

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 Aptiense-Albiense (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 gabrodiorítico-tonalíticas, así como un engrosamiento de la corteza oceánica y formación de una meseta oceánica 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.

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 y Barret, 1990; Pindell, 1994) (Fig. 14).

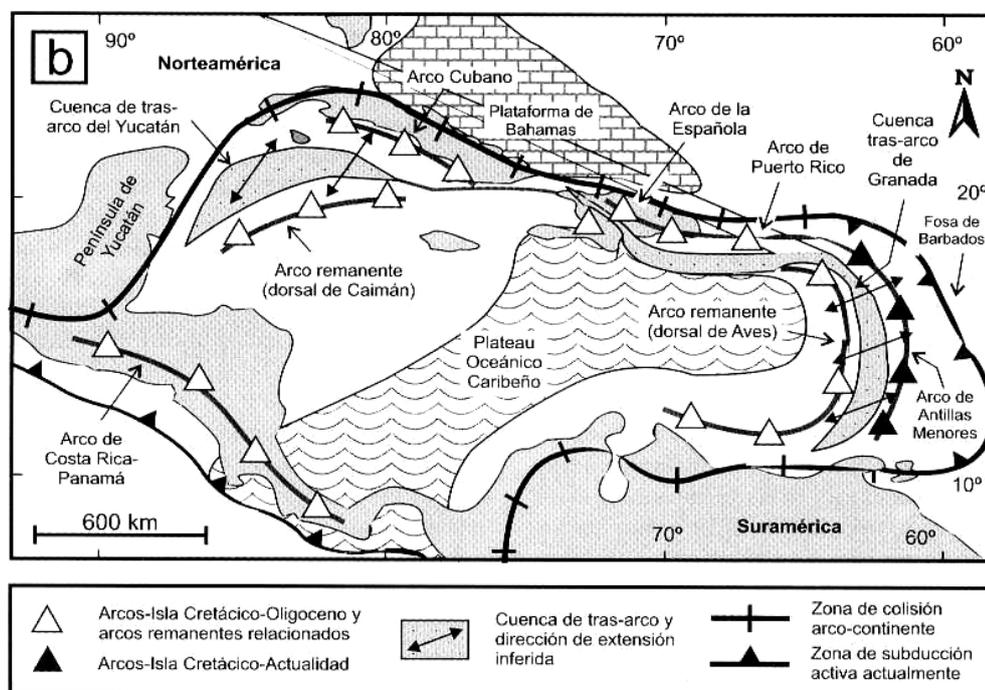


Fig. 14: Principales elementos tectónicos del sistema de arco-isla circum-caribeño de edad Cretácico Superior – Eoceno. (Lewis J.F. *et al.*, 2002).

Con tal marco geodinámico la Isla de la Española tiene una historia ligada a sismos fuertes registrados en la época histórica y lo tuvo probablemente durante épocas geológicas (Fig. 15 a Fig. 18).

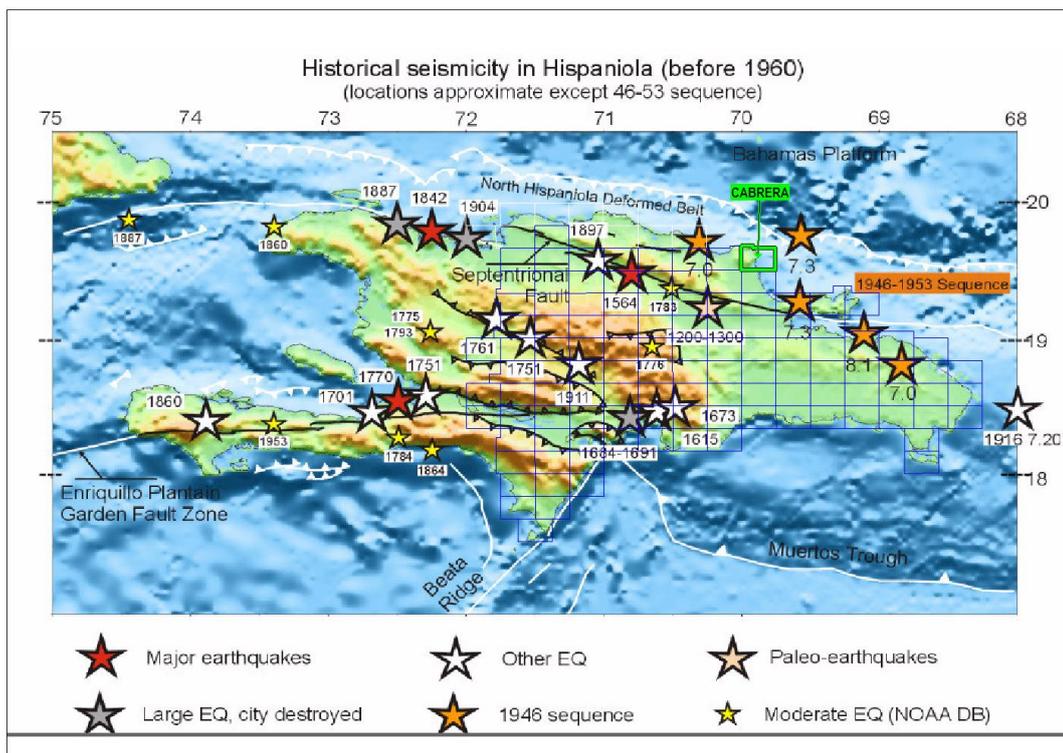
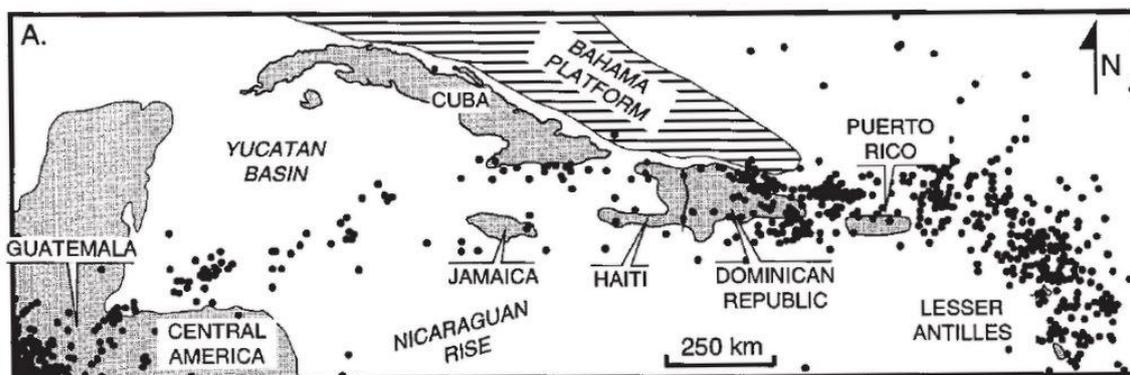
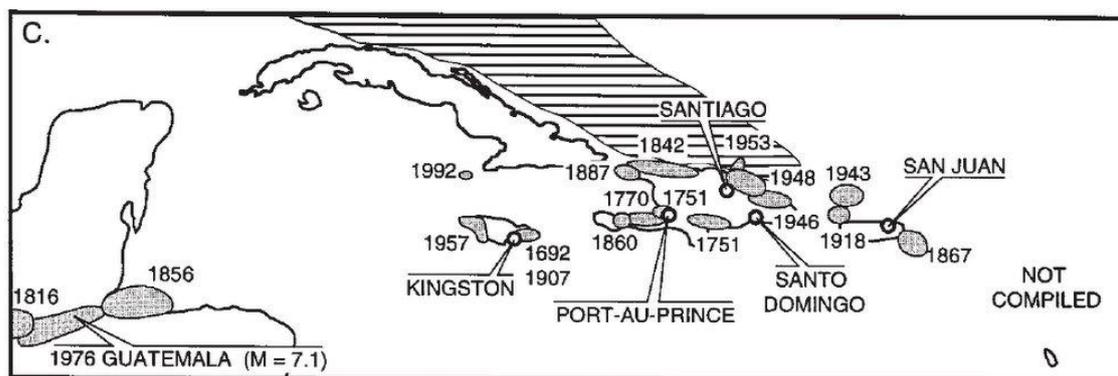


Fig. 15: Mapa de la Isla de la Española con detalle de los principales sismos históricos (Calais E, 2001)



(A) Location map and seismicity (1963–1992,  $M > 4.5$ , source: International Seismic Commission) of the North America–Caribbean plate boundary zone.

Fig. 16: Ubicación de sismos importantes en el límite de placas Norte America y Caribe (Man P. 1998).



C) Felt zones of large northern Caribbean historical earthquakes modified from Kelleher et al. (1973); Robinson et al. (1958); Plafker (1976); Osiecki (1981); and White (1985). Note dual zone of historical earthquakes in the northeastern Caribbean that corresponds to vague belts of earthquake epicenters in A.

Fig. 17: Áreas de percepción de los sismos históricos en el límite de placas Norte America y Caribe.

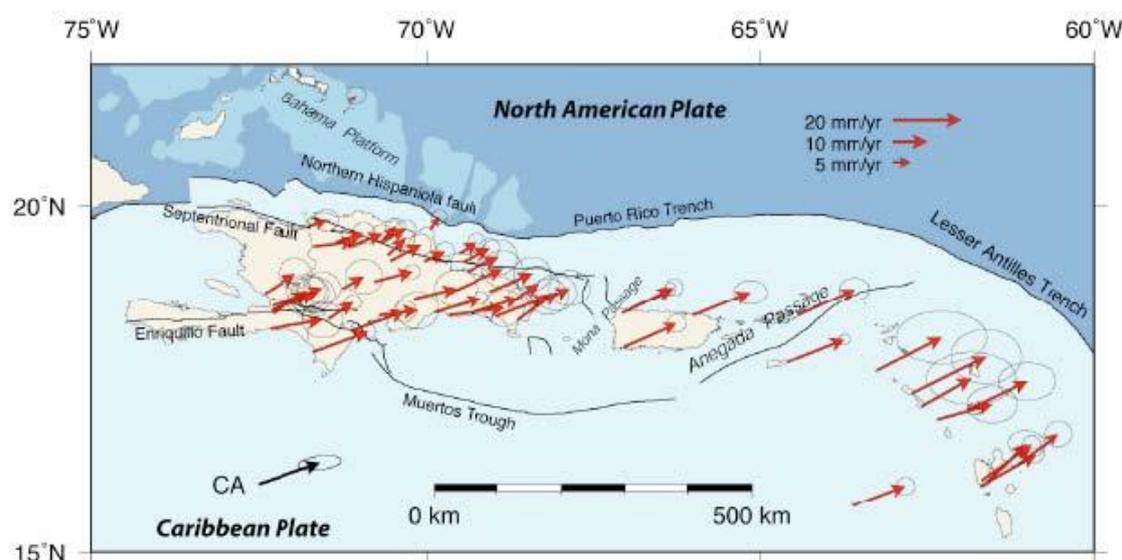


Fig. 18: Velocidades de desplazamientos medidas por GPS en la Zona Noreste del Caribe. (Calais E, 2007)

A continuación están las descripciones de los principales sismos importantes del periodo histórico reportados en varias crónicas o informes. La lista se limita a los sismos de la parte norte de la Isla.

P. Mann (2003) señala trazas de un sismo importante en las dataciones de neotectónica en las trincheras abiertas en las inmediaciones del Río Licy (Hoja de Santiago) y del Río Cenoví (Hoja de Salcedo) con una ruptura importante del orden de 20km a lo largo de la falla septentrional activa (SFZ). Las dataciones por carbón le dan una edad entre 1030 y

1240. La ubicación se estima en Long.: -70°673 / Lat.:19°777 es decir en las inmediaciones de las ciudades actuales de Moca, Salcedo y Tenares.

**El 2 de diciembre de 1562** un fuerte terremoto destruye totalmente la antigua ciudad de Santiago junto a otras colonias españolas entre las que se encontraba La Vega y Puerto Plata. Las crónicas antiguas reportan el hundimiento de la ciudad durante este evento. La ciudad antigua de Santiago establecida en Jacagua al pie del cerro Diego de Ocampo en la Cordillera Septentrional fue a esta ocasión trasladada a la orilla del Río Yaque.

**El 20 de Abril 1564** otro fuerte terremoto con epicentro estimado en Long.: -70.30 y Lat.:19.10 en la hoja Fantino destruyó la antigua ciudad de la Vega establecida en las faldas del Cerro Santo al Este de la ciudad actual. Arazo igualmente la Ciudad de Santiago.

**En los años 1776 (30/1/1776) y 1783**, dos terremotos en el centro de la Isla destruyen Santiago y otras ciudades El epicentro del sismo de 1776 es estimado en Long.: -70.40 Lat.19.0 al Norte de Bonao. El epicentro del segundo sismo se estima en Long.: -70.40 Lat.19.30 al este de Villa Tapia actual en la Hoja de San Francisco de Macorís.

**El Sábado 7 de Mayo de 1842**, ocurre otro sismo de grado IX en la escala MSK con el epicentro estimado en el mar frente a en Cabo Haitiano sacude toda la isla y particularmente la costa Norte provocando un fuerte maremoto en las costas. 5000 a 6000 fallecidos en Haití, destrucción de Santiago de los Caballeros, Cabo Haitiano, Port de Paix y Mole de San Nicolás, Destrucción de muchos edificios en Santo Domingo. El maremoto inundó Monte Cristi y Cabo Manzanillo, logrando extender sus daños hasta la zona de Samaná. En el Cibao las aguas de los ríos Yaque del Norte y Masacre se reunieron, las del Yuna se esparcieron por gran parte del valle de La Vega Real.

**El 29 de diciembre de 1897**, otro sismo de grado IX en la escala MSK con epicentro estimado en Long.: -71.01 Lat.19.63 al Norte de Navarrete destruye partes de Santiago y Guayubín, rompe el cable submarino de puerto plata y provoca deslizamientos en las montañas al Norte de Santiago. Estos podrían corresponder a los deslizamientos antiguos conocidos en la Cordillera Septentrional así que otros en el Norte de la Hoja San José de las Matas.

**El 6 de octubre de 1911** La historia sísmica instrumental para la República se inicia con el sismo de magnitud 7.0 grados Richter localizado a 20km de San Juan y 75km al oeste de Bonao (Long.: -71,1167 / Lat. 18,95). Este sismo es el más importante ocurrido en la región Sur Central de la República Dominicana en los últimos años.

**El 28 de julio de 1943** un fuerte terremoto produjo daños en La Vega, Santiago, Cabrera, Jarabacoa y dejando a estos pueblos sin energía eléctrica., Era un sismo ocurrido en el canal de La Mona a 180km al Este de Santa Bárbara de Samaná y que generó un enorme

maremoto que azotó las costas este de la República Dominicana y desoló el Oeste de Puerto Rico.

**El Domingo 4 de Agosto del año 1946 a las 12:55 p.m** ocurre un sismo de magnitud 8.1 (Richter) alcanzando intensidades de X y XI en la escala Mercali Estuvo ubicado en el Océano Atlántico (Long.: -69,51 Lat. 19,71) al nordeste de la ciudad de Nagua en la Bahía Escocesa. Se sintió en todo el país donde causó daños estructurales en Puerto Plata, San Francisco de Macorís, Salcedo, Moca, La Vega, Santiago, San Pedro de Macorís, Monte Plata y Santo Domingo. El maremoto consecutivo al sismo provocó entre otros la destrucción total del Pueblo de pescadores de Matancitas al Sur de Nagua. El número de muertos y desaparecidos alcanzó 1970 probablemente minimizado por el régimen del Presidente Trujillo. El mar penetró en los valles del Río Boba y del Arroyo Salado a una distancia de 2 a 5 Km. y provocó derrumbes de farallones en toda la costa de Cabrera. Las olas alcanzaron 9 pies de altura. Los pueblos de Cabrera, Nagua y Sánchez quedaron sin comunicación al derrumbarse varios puentes. Es estimado menor que el sismo del 1842. En Moca, Francisco de Macorís, hubo varios daños estructurales. Reportaron que el río Licey que tenía su caudal completamente agotado, volvió nuevamente a correr emergiendo de su lecho abundante caudal de agua. En Santiago un almacén se desplomó; el canal Presidente Trujillo fue severamente dañado. Los arrecifes y acantilados en Cabrera se desplomaron en grandes masas.

**El Jueves 8 de Agosto del año 1946 a las 8h 30 a.m** ocurre otro terremoto submarino de magnitud 7.9 (Richter) de en la Bahía Escocesa (Long.: -69,40 / Lat. 19,60) frente a El Limón así que otro el 21 del mismo mes. Estas réplicas de los 8 y 21 de Agosto fueron tan fuertes como el sismo del 4 provocando un pánico general. En un año se registraron cerca de 1200 réplicas de este terremoto.

**El 31 de mayo de 1953** Puerto Plata fue el poblado más afectado con la ocurrencia de un fuerte terremoto cuyo epicentro estuvo ubicado 30km al Este entre Cabarete y Sabaneta de Yásica (Long.: -70,70 / Lat.: 19,80). En San Francisco de Macorís la electricidad fue interrumpida, igual en La Vega y Santiago, quedando sin comunicación. Varios edificios fueron dañados en Loma de Cabrera, Abreu y todos los pueblos del Norte.

**El 22 de septiembre 2003 el sismo de Magnitud 6.5** cuyo epicentro se ubicaba en la zona de Puerto Plata (Long.: -70°6'33" / Lat.:19°7'77") provocó daños principalmente estructurales. Las áreas de mayor impacto se localizaron hacia el oeste de la ciudad donde varios ríos intermitentes fueron depositando sus aguas y sedimentos. Estas áreas ocupan las zonas topográficas más bajas de la ciudad con lo que gran parte de las edificaciones reposaban sobre sedimentos aluvionales y suelos orgánicos compresibles. Se produjeron importantes

daños en estructuras, pavimentos, líneas de servicios vitales y deslizamientos en taludes de cañadas y vías. Se reportaron 3 fallecidos y 30 heridos de diversa consideración, además de numerosos daños en infraestructura. Hubo daños estructurales menores en la ciudad de Santiago.

## **1.5. Antecedentes**

La Elevación de San Francisco ocupa la región más suroriental de la Cordillera Septentrional, y corresponde básicamente a una elevación dentro de la Cuenca del Cibao y al Sur de la Falla Septentrional. Esta elevación ha producido la exhumación de materiales que muestran una estratigrafía diferente al resto de la Cordillera Septentrional. Clásicamente se ha denominado indistintamente San Francisco Push-up o Elevación de San Francisco, desde los primeros trabajos en la región (Blesch, 1966; Rodríguez-Torres et al., 1985). Los estudios tectónicos y estratigráficos más importantes corresponden a los realizados por Guglielmo (1986), Guglielmo y Winslow (1988), Nadai (1987), Nadai y Winslow (1988) y Winslow et al. (1991).

Desde el punto de vista de la estratigrafía de este dominio, se han ido proponiendo diferentes esquemas litoestratigráficos, algunos de los cuales, los propios autores han ido modificando, siendo actualmente difícil la obtención de un esquema u organización concreta que realmente funcione para toda la Elevación de San Francisco.

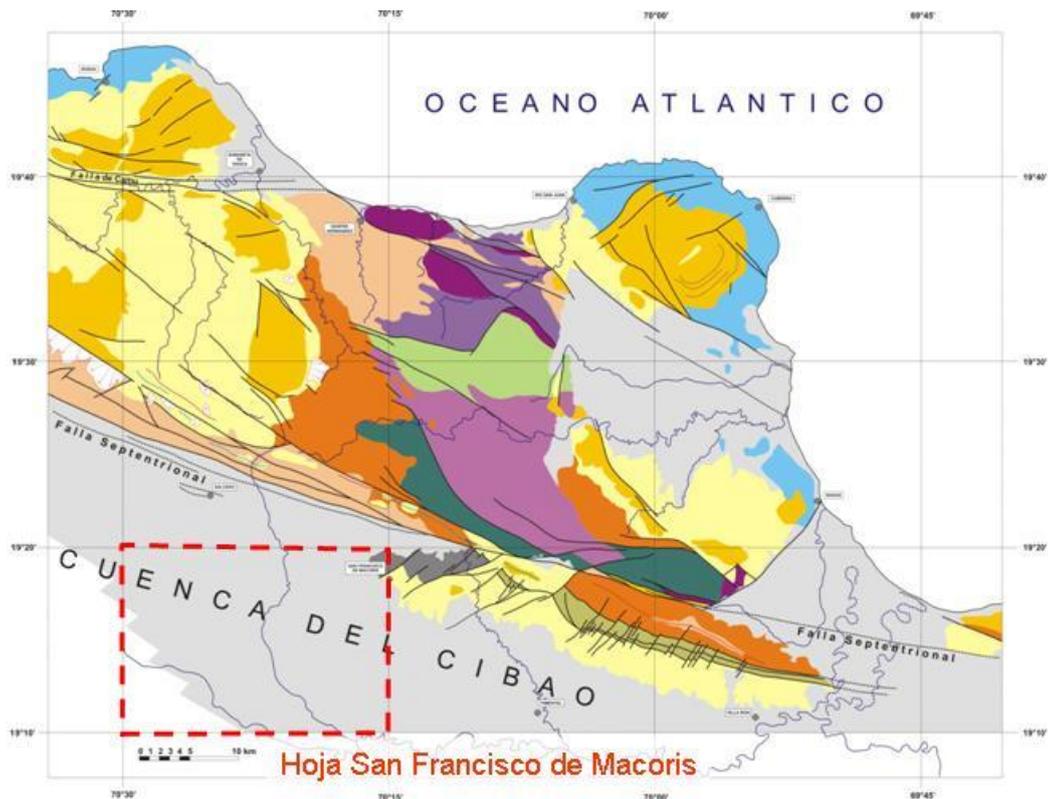
Desde el punto de vista tectónico, la Elevación de San Francisco se interpreta como un medio pop-up (flor tectónica) formado en un contexto de transpresión en relación con la Falla Septentrional. Este es afectado por un doble sistema de fallas: fallas de desgarre con dirección paralela a la Falla Septentrional, y fallas normales de dirección sub-perpendicular que cortan las estructuras y que le confieren una morfología característica en “pan francés”. Las observaciones de los trabajos de Winslow et al. (1991) han sido tenidos en cuenta en la realización de la hoja de síntesis a escala de 1/150 000 publicada por “The Geological Society of America” en el marco del “Special Paper 262” (Lebrón M.C. y Mann P.,1991).

### **ESTRATIGRAFIA**

#### **1.5.1. Introducción**

La hoja se ubica entre los dominios de la Cordillera Septentrional al Norte y de la Cuenca del Cibao al Sur de la Cordillera oriental al Sur y la Cordillera Central al Suroeste. La estructura de Push Up de la Elevación de San Francisco relacionada a la transpresión en la zona de la Falla Septentrional se termina en el sector Noreste de la Hoja (Fig. 19 Fig. 19).

Los materiales representados y que se describen a continuación corresponden principalmente al relleno plioceno y mayormente cuaternario del **Valle del Cibao** con escasas ocurrencias del subdominio de la **Elevación de San Francisco** perteneciendo a la **Cordillera Septentrional. Los intrusivos ultramáficos** ligados a la Zona de Falla La Española están descritos en el capítulo Tectónica



**CUATERNARIO**

- Deslizamiento
- Aluvion y coluvion
- Fm La Isabela. Calizas arrecifales
- Conglomerados de Azlor

**MIOCENO SUPERIOR - PLIOCENO**

- Calizas de Los Haitises
- Fm Villa Trina y Castillo. Turbiditas lutito-carbonatadas

**MIOCENO INFERIOR - MEDIO**

- Lutitas de La Jaguita y Calizas de Cuesta Blanca
- Conglomerados de El Firme - Candela, La Piragua

**EOCENO - OLIGOCENO**

- Fm La Toca y Las Lavas. Turbiditas silico-clasticas

**CRETACICO - COMPLEJO DE RIO SAN JUAN**

- Batolito del Rio Boba : gabronoritas, gabros y tonalitas
- Unidad de Loma El Morrito
- Anfibolitas y gneises maficos de La Cuaba
- Mélange serpentinitica de Jagua Clara, con bloques de eclogitas y esquistos azules
- Peridotitas serpentinizadas

Fig. 19: Esquema de ubicación geológica de la hoja de San Francisco de Macoris

## 1.6. Elevación de San Francisco

### 1.6.1. Generalidades

Con los datos obtenidos en el presente proyecto se propone un nuevo esquema litoestratigráfico para los materiales sedimentarios terciarios que componen el Ridge de San Francisco, con las siguientes características:

- 1) reutilización de las unidades definidas anteriormente cuando ha sido comprobada su validez estratigráfica,
- 2) redefinición de algunas unidades litoestratigráficas anteriores, aunque se ha precisado su definición, límites y posición estratigráfica, y
- 3) inclusión de unidades de nueva definición para unidades litoestratigráficas no descritas o mal definidas. De esta manera, seguidamente se discute cada una de las unidades utilizadas en el presente esquema con las anteriores propuestas (Fig. 20).

		Nadai, 1987 Nadai y Winslow, 1987	Guglielmo y Winslow, 1988	Winslow et al., 1991	Este trabajo, 2010
CUAT.		Azlor			Azlor
			La Candela		Herrera de Cuaba
PLIOC.		Macorís	Macorís	La Candela	Macorís
		Castillo	Castillo / Nagua	Macorís	Castillo
MIOCENO	Sup	Los Cafés	Los Cafés	Cuesta Blanca	Los Cafés Arroyón
				Castillo	Cuesta Blanca
	Med	Arroyón	Arroyón	Los Cafés	La Jagüita
		Cinta Negra ?	Cuesta Blanca/Cinta Negra		Cal. Angostura
		El Firme	Arroyón ?		El Firme
		Cinta Negra ?	El Firme		
PAL.				La Toca	
CRET.	Complejo Río San Juan	Complejo Río San Juan		Complejo Río San Juan	

Fig. 20: Correlaciones de las diferentes unidades descritas de la Elevación de San Francisco de Macoris.

**Formación La Toca:** Esta unidad, bien desarrollada en la Cordillera Septentrional al noreste del Ridge de San Francisco, es la primera vez que se describe en el SFR. Anteriormente ha pasado desapercibida debido a que posee características sedimentarias similares a otras unidades. No está representada en la presente hoja.

**Formación El Firme:** Esta unidad fue primeramente definida por Nadai (1987), quien la situó estratigráficamente por debajo de todas las unidades que conforman el SFR, con una edad tentativa de Mioceno inferior. Esta misma posición y edad similar aparece en los trabajos de Nadai y Winslow (1988) y Guglielmo y Winslow (1988). En el trabajo posterior del equipo, sin embargo los mismos autores consideran que estos conglomerados pertenecen a la Formación La Candela y los sitúan en el Plioceno, discordantes sobre las demás unidades (Winslow et al., 1991). En este proyecto se ha comprobado que tanto por su posición estratigráfica, por debajo de las series miocenas, como por la edad de Mioceno inferior obtenida, equivale a la Formación El Firme definida en el trabajo original de Nadai (1987). No esta representada en la presente hoja.

**Unidad de La Jagüita:** Es una unidad de nueva definición. Corresponde a una alternancia de areniscas laminadas, carbonosas, con niveles de conglomerados y lutitas grises, que anteriormente han sido incluidos en la Formación Arroyón. La cartografía de esta unidad, así como su edad (Mioceno medio), indican que se sitúa estratigráficamente por encima de la Formación El Firme, con un tramo de calizas bioclásticas en la transición (calizas de la Angostura), y por debajo de las calizas margosas blancas de la Formación Cuesta Blanca. Es posible que materiales similares, incluidos por Guglielmo y Winslow (1988) en la Formación Nagua, en el Río Nagua, pertenezcan a esta unidad, pero debido a la mala definición original se ha preferido definir una nueva unidad. No esta representada en la presente hoja.

**Formación Cuesta Blanca:** La definición original de esta unidad corresponde a Guglielmo y Winslow (1988), para definir unos materiales formados por margocalizas claras de edad Mioceno medio, aunque estos autores la hacen equivalente a las calizas de Cinta Negra, que como veremos, corresponden a la Formación. Los Haitises. Winslow et al. (1991) sin embargo, la hacen equivalente a las calizas de Macorís, y le dan una edad más moderna, situándola por encima y como equivalente lateral de la Formación Castillo. Se mantiene su definición litoestratigráfica y se sitúa por encima de la Unidad de La Jagüita y por debajo de la unidad de Arroyón-Los Cafés, con una edad ligeramente más joven que la original: Mioceno medio-superior. No esta representada en la presente hoja.

**Ud. Arroyón-Los Cafés:** Esta unidad está formada por la unión de las unidades de Arroyón y Los Cafés, definidas originalmente por Nadai (1987) para definir unos materiales de

afinidad turbidítica de edad Mioceno medio-superior. Winslow et al. (1991) ya unen ambas formaciones, pero al eliminar la Formación El Firme le atribuyen una edad más baja. En este proyecto también se ha preferido agrupar ambas formaciones debido a la dificultad para separarlas en la cartografía, puesto que se trata de materiales similares. Su definición en el Arroyo El Arroyón (Hoja de Pimentel) no deja lugar a dudas de que se trata de una unidad situada entre la Formación Cuesta Blanca y la Formación Castillo, así como su edad (Mioceno superior), y así diferenciarla de los materiales de facies similares que componen la Unidad de la Jagüita, anteriormente incluidos en la Formación Arroyón.

**Formación Castillo:** Unidad definida originalmente por Nadai (1987). Es la unidad que menos dudas presenta desde el punto de vista litoestratigráfico. En este proyecto se mantiene su definición y posición original, también seguida por Guglielmo y Winslow (1988). No obstante, estos últimos autores definen la Formación Nagua como una formación de areniscas y lutitas que sitúan en posición equivalente a la Formación Castillo, pero con pocos argumentos. En este proyecto se ha visto que los materiales que estos autores definen como Formación Nagua podrían equivaler a los incluidos en la Ud. de la Jagüita. Por otra parte, Winslow et al. (1991) consideran la Formación Castillo como un equivalente lateral de las calizas de Macorís/Cuesta Blanca a pesar de no contar con muchos criterios. No esta representada en la presente hoja.

**Formación Macorís:** Unidad definida originalmente por Nadai (1987) y seguida por Guglielmo y Winslow (1988) como una unidad de calizas arrecifales situada encima de la Formación Castillo. Tampoco plantea muchas dudas en cuanto a su posición y edad relativa. Se ha mantenido en este caso la definición y posición en el Plioceno. La única cuestión relativa a esta unidad es su consideración de equivalente a la Formación Cuesta Blanca por parte de Winslow et al. (1991), pero igualmente, con pobres argumentos. Se considera equivalente en parte de las Formaciones Villa Trina y Haitises, mejor desarrolladas en otros sectores de la Cordillera Septentrional.

**Ud. Herrera de Cuaba:** Es una unidad de nueva definición que ha pasado desapercibida a todos los autores. Se sitúa por encima de la Formación Macorís y corresponde a un conjunto de arenas y lutitas verdes, con fauna de aguas salobres y palustres que ha justificado su definición y diferenciación cartográfica. Está situada por debajo de los conglomerados de la Formación Azlor. No esta representada en la presente hoja.

**Formación Azlor:** Original de Nadai (1987 se plantea en el trabajo original como una unidad formada por conglomerados de origen aluvial y situada en el Cuaternario. Posteriormente, Guglielmo y Winslow (1988) definen la Formación La Candela también como conglomerados del Plioceno, y no utilizan el término de Formación Azlor. Winslow et al. (1991) mantienen el nombre de Formación La Candela para los conglomerados superiores (Plioceno-Cuaternario), y además, incluyen en esta unidad los conglomerados de la Formación El Firme. En este trabajo se ha visto,

1) que en la región donde se definió la Formación la Candela (Hoja de Villa Riva) se encuentran los conglomerados del Mioceno inferior incluidos en la Formación El Firme, y por tanto no son los del Plioceno,

2) que los conglomerados de la Formación Azlor son diferentes textural y composicionalmente y situados en una posición estratigráfica muy superior (Plioceno-Cuaternario), por lo que se ha decidido redefinir la Formación Azlor para agrupar estos materiales, desechando el término de Formación La Candela por crear mucha confusión.

### **1.6.2. Unidad Macorís: Calizas micríticas de color blanquecino a crema con parches de calizas arrecifales y intercalaciones de siltitas calcáreas -2- Mioceno superior Plioceno inferior**

#### 1.6.2.1. Presentación y antecedentes

Esta unidad se corresponde a rocas argilitico-carbonatadas descansando encima de los conglomerados de La Piragua y están cubiertas por las calizas bioclásticas y arrecifales del Plioceno superior-Pleistoceno en las hojas de Villa Riva o por los conglomerados de Azlor pleistocenos en las hojas de Pimentel y de San Francisco. Su potencia ha sido estimada entorno a 450-550 m. Está formada por micritas y margas areniscosas y argilíticas pardas, muy mal estratificadas que se intercalan con lentejones de conglomerado poligénico, de biolitoruditas ricas en extraclastos heterogéneos, de pelitas y de arcillitas rojas y violáceas, de calizas bioclásticas y de calizas arrecifales. Los fósiles son diversos y comprenden: conchas de grandes lamelibranchios, ostras, pectínidos, tallos de Poliperos ramosos, cúpulas de madreporarios, tallos de Kuphus, etc. Hay que hacer hincapié en el carácter muy desordenado y de composición caótica. La presencia de fragmentos de Kuphus, especialmente a techo de la unidad, es uno de los argumentos para denominarla “Caliza de Macorís” por comparación con las descripciones realizadas por Nadai A.C.(1987).

Desde el punto de vista litoestratigráfico y sedimentológico, esta unidad se interpreta como equivalente de las margas de la base de Villa Trina (Mioceno superior – Plioceno inferior), pero de medio litoral marginal, y sujeto a la influencia continental del zócalo representado por el Complejo de Río San Juan.

#### 1.6.2.2. Descripción particular a la Hoja

La unidad Macorís esta muy poco representada en la hoja donde ocupa 1km<sup>2</sup> en el Sector Noreste que constituyen la terminación occidental de la estructura de la Elevación de San Francisco. Se ubica en el sector urbano y periurbano Norte de la ciudad de San Francisco de Macorís así que los afloramientos son muy escasos y de mala calidad. Sin embargo se ha observado y muestreado dos afloramientos.

El primero se ubica en el Arroyo la Jayas al Puente del camino hacia La Jaya – (Lat.:19°30'13" / Long.: -70°25'42") esta constituido de 10m de secuencias de niveles semi métricos de calizas arcillosas coralina crema a naranja con clastos decimétricos de corales diversos individuales o acumulaciones de corales ramosos dispuestos en niveles brechoides con limites mal definidas intercalados en margas naranjas beige.

El segundo se ubica en el Barrio Ensanche Libertad entre la carretera a Tenares y el Arroyo Guzmán; Corresponde a niveles bidecimétricos de calizas coralinas brechoides con presencia de microfauna en las arcillas siltosas blancas de la matriz de los lentes coralinos.



Fig. 21: Unidad Macoris: Vista de las secuencias de niveles decimétricos de calizas arcillosas coralinas con clastos de macro corales intercalados en margas naranjas beige.

Arroyo la Jayas al Puente con camino a La Jaya - 32PU9037 - Lat.:19°30713 / Long.: -70°25542



Fig. 22: Unidad Macoris: Detalle de los cantos (C) de macro corales intercalados entre los niveles de bio calizas coralinas (N).

Arroyo la Jayas al Puente con camino a La Jaya - 32PU9037 - Lat.:19°30713 / Long.: -70°25542



Fig. 23: Unidad Macoris: Detalle de las calizas a rodolitos

Barrio Ensanche Libertad al este de Carretera a Tenares - 32PU9034 - Lat.:19°31424 / Long.: -70°26151



Fig. 24: Unidad Macoris - Vista de las alternancias horizontales de niveles decimétricos de calizas arcillosas coralinas

Arroyo la Jayas al Puente con camino a La Jaya - 32PU9037 - Lat.:19°30713 / Long.: -70°25542

Los estudios de microfauna de las muestras entregaron los resultados siguientes

**Muestra N° 32 PU 9037** Levigado Fracción  $\geq 50 \mu\text{m}$

**Constituyentes:** levigado carbonatado ocre naranja

**Litofase:** abundantes pedazos de sedimento calcáreo-margosos (biocalcarenita margosa) no desmantelada.

**Biofase:**

**Eucariotas / Algas:** ausente

**Foraminíferos planctónicos:** frecuentes, raros organismos preservados porque el sedimento es muy recristalizado.

*Orbulina universa* de ORBIGNY

*Globigerina nepenthes* TODD

*Globigerinoides extremus* BOLLI & BERMUDEZ

*Globigerinoides trilobus* (REUSS)

*Globorotalia plesiotumida* BLOW & BANNER

*Globorotalia menardii menardii* (PARKER, JONES & BRADY)

*Globorotalia pseudomiocenica* BOLLI & BERMUDEZ

*Neogloboquadrina dutertrei* (de ORBIGNY)

*Neogloboquadrina acostaensis* (BLOW)

**Foraminíferos bénticos:** bastante comunes

Textulariidae

*Siphonina pozonansis* CUSHMAN & RENZ

*Planulina ariminensis* de ORBIGNY

*Cancris nuttalli* (PALMER & BERMUDEZ)

*Brizalina* sp.

*Bolivina* sp.

*Uvigerina* sp.

*Lenticulina calcar* (LINNÉ)

**Radiolarios:** ausentes

**Metazoarios:** algunos pedazos varios en general mal conservados, rodados, pulidos:

Echinides, moluscos incluyendo bivalvos y gasterópodos, briozoarios, corales...

**Bioestratigrafía:** Mioceno terminal a Plioceno basal

Biozona PL1 con retrabajos de sedimentos del Plioceno medio.

**Medio de depósito, paleoentorno:** cuenca batial; depósito de origen turbidítico con numerosos retrabajos.

**Muestra N° 32 PU 9035** Lámina delgada

**Ubicación:** Barrio Ensanche Libertad al este de Carretera a Tenares –

Lat.:19°31446 / Long.: -70°2616

**Nombre:** BIOMICRITA ARCILLOSA

**Estructura:** heterogénea, bioturbada?

**Textura :** wackestone

**Constituyentes :**

**Litofase:** pequeña fracción siltosa de feldespatos

**Biofase :**

**Eubacterias:** papel importante de las cianobacterias en la fuerte micritización de algunos bioclastos

#### **Eucariotas**

**Algas:** raros algas coralináceas encostrantes

**Foraminíferos planctónicos:** raros globigerinidos no determinables específicamente

*Neogloboquadrina acostaensis* (BLOW)

*Globigerina* sp.

**Foraminíferos bénticos:** raros

Textulariidae

*Amphistegina tuberculata* BERMUDEZ

*Amphistegina* sp.

*Bulimina aculeata* de ORBIGNY

Planorbuliminidae

**Radiolarios:** ausentes

**Metazoarios:** frecuentes en pedazos rodados, desplazados de corales algunos pedazos de equinodermos (radiola) encostrados por algas rojas. Estos pequeños polipodios se han sedimentados, litificados en un medio de plataforma muy interna, en el nivel medio litoral (desgaste, rellenos de sedimento geotopo, encostramientos, etc.), luego retrabajado posteriormente en un medio más distal.

**Bioestratigrafía:** desde el Mioceno superior, a partir de la zona M13a, o sea desde el Tortoniense.

**Diagénesis:** matriz micrítica, con fuertes impregnaciones ferruginosas.

**Medio de depósito, paleoentorno:** marino, circalitoral a batial? Mezcla de elementos de medios diferentes (y de edades diferentes).

El rango de edad Mioceno terminal a Plioceno basal así como la presentación en “alfombras de corales ramosos” asociadas a clastos de macro corales permiten asociar esta unidad con la Unidad de las Calizas Ahuyamas (Mioceno superior) descritas en la Cuenca occidental del Cibao particularmente en la Hoja de San José de las Matas y de Santiago.

De lo observado la estratificación es horizontal No se observa las relaciones con la formación o unidad infrayacente. A techo la unidad esta cubierta por el conglomerado Azlor que cubre las partes altas entre la red hidrográfica.

## **1.7. Paleógeno - Neógeno del Dominio del Cibao**

### **1.7.1. Introducción**

La Cuenca del Cibao posee unos 230 Km. de longitud y aproximadamente 30 Km. de ancho. Se extiende entre la Cordillera Central y la Cordillera Septentrional, en el Norte de la República Dominicana, finalizando hacia el Este en la Bahía de Samaná y al Oeste en el Océano Atlántico. Su límite Norte está definido por la Zona de Falla Septentrional, mientras que al Sur se encuentra delimitada por la Zona de Falla de la Española y los propios materiales de la Cordillera Central sobre los cuales se apoya en discordancia.

La Cuenca del Cibao configura, de forma conjunta con la Cordillera Septentrional, una gran estructura sinclinal cuyo eje transcurre aproximadamente paralelo a la propia cuenca (Mann et al, 1991). Entre las provincias de Montecristi y Santiago de los Caballeros, la cuenca es atravesada por el Río Yaque del Norte, alimentado por cuatro afluentes (Río Gurabo, Río Cana, Río Mao y Río Amina), dejando expuestos varios centenares de metros de materiales neógenos. La potencia estimada de la serie sedimentaria son 5-6 Km., integrada por las Formaciones Cercado, Gurabo y Mao, depositadas en un intervalo de tiempo de 5 a 10 MA según el autor considerado (Mioceno inferior-Pleistoceno?). De forma conjunta, estas formaciones han sido agrupadas dentro del denominado Grupo del Yaque (Erikson et al., 1998), que define una importante cuña de sedimentos, de gran continuidad lateral y geometría progradante hacia el Norte (hacia el mar). Los diferentes depósitos registran profundidades variables entre 0 m y >300 m, con una gran heterogeneidad de facies siliciclásticas, mixtas y carbonatadas, originadas en ambientes sedimentarios que van desde llanuras deltaicas a plataformas marinas o sistemas arrecifales. En conjunto, hasta el inicio de la Formación Mao, el Grupo del Yaque registra una subsidencia continuada, acompañada por un proceso transgresivo, que se registra mediante secuencias grano decreciente y de

profundización, sólo interrumpidas por algunos episodios conglomeráticos y arrecifales de potencia variable (Erikson et al., 1991). Los estudios paleontológicos avalan que la profundidad de la cuenca aumenta casi constantemente durante el depósito de este Grupo, a excepción de la parte superior del mismo, donde tiene lugar la somerización brusca de la cuenca (colmatación y retirada del mar) antes de su exposición subárea. Particular a la hoja vecina de Santiago se ha descrito un miembro informal de calizas arcillosas con corales a techo de la Formación Mao que corresponde a la somerización final de la cuenca de Cibao (Miembro de las calizas de Palo Amarillo)

Aunque existen numerosos trabajos destinados a estudiar aspectos parciales de la Cuenca del Cibao, son muy escasos los estudios donde se analice su evolución en conjunto. Un análisis integrado y estratigráfico completo puede ser encontrado en Erikson et al. (1998). En este último trabajo se analiza la historia sedimentaria de la cuenca y se relaciona con la formación y evolución de las Cordilleras Central y Septentrional. Los dos estudios bio/cronoestratigráficos más completos (Saunders et al., 1986; Volkes, 1989) poseen diferencias importantes en los modelos de edades propuestos. Recientemente, el trabajo de varios grupos de investigación norte-americanos han permitido ajustar de forma mucho más precisa las edades de las formaciones del Grupo del Yaque, principalmente en base a dataciones isotópica en corales y asociaciones de foraminíferos planctónicos (p.e. Maier et al., 2007; Lutz et al., 2008; Denniston et al., 2008)

### **1.7.2. Estratigrafía y Sedimentología del Grupo Yaque**

El Grupo Yaque está constituido, de muro a techo, por el Conglomerado Bulla, la Formación Cercado, la Formación Gurabo y la Formación Mao, que abarcan una edad del Mioceno medio (?) superior al Plioceno (p.e. Palmer, 1979; Evans, 1986; Sanders et al., 1986, Dolan et al., 1991). Existe debate aún si el techo de la Formación Mao llega a alcanzar el Pleistoceno. A su vez, en la base de la Formación Cercado se ha definido una unidad conglomerática, denominada Conglomerado de Bulla, y entre las formaciones de Cercado y Gurabo, así como entre las de Gurabo y Mao, se han descrito sendas transiciones sedimentarias constituidas por calizas arrecifales. Estas calizas han sido agrupadas dentro de las unidades llamadas Calizas de las Ahuyamas y de Mao Adentro, respectivamente (Ardèvol, 2004). En nuestra opinión, estas unidades, por su potencia y afinidad ambiental, deberían ser consideradas como miembros de la Formación Cercado y Formación Gurabo

que definen transiciones a otros ambientes sedimentarios por cambios en la batimetría y/o en las condiciones paleo ecológicas del medio de sedimentación.

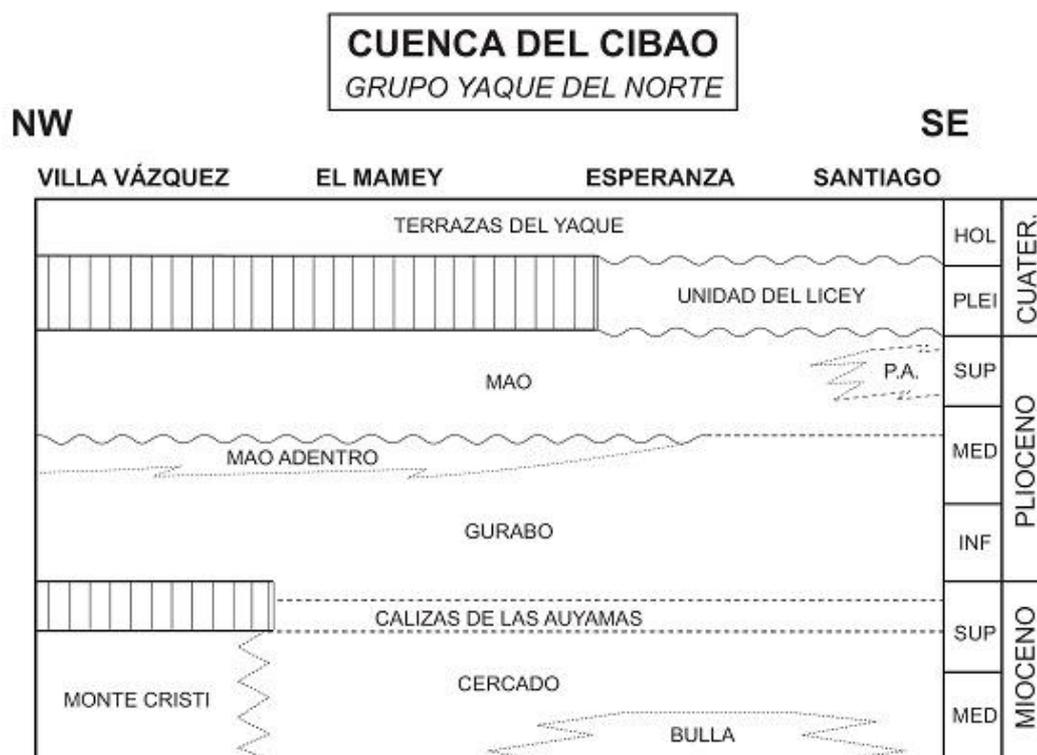


Fig. 25: Esquema litoestratigráfico del Grupo Yaque del Norte (F. Pérez Valera y M. Abad 2008)

En la descripción particular a la hoja se va a describir la **Formación Gurabo**, única representante del grupo Yaque en la hoja sin el miembro superior de las Calizas de Mao Adentro ausente en el marco de la hoja

### 1.7.3. Formación Gurabo – margas de cuencas grises a ocre con intercalaciones de siltitas calcáreas-3- (Plioceno inferior)

#### 1.7.3.1. Presentación y antecedentes

La Formación Gurabo presenta diversidad de facies a lo largo de la cuenca occidental del Cibao. La base se ha reconocido en la Presa de Chacuey y en el Río Gurabo (Mao), donde se dispone, a escala de afloramiento, en contacto neto sobre la Formación Cercado. Saunders *et al.* (1986) le atribuyen una potencia de 425 m. En el Río Gurabo Sur, la formación parece pasar gradualmente a las Calizas de Mao Adentro suprayacentes, ya que se intercalan progresivamente en la serie margosa estratos calizos en secuencia estratocreciente.

Saunders *et al.* (1986) describen, para la Formación Gurabo, facies conglomeráticas y arenosas básicas, en concordancia con la Formación Cercado, seguidas de limolitas con foraminíferos, en las que se intercalan areniscas con estratificación cruzada, colonias de corales en *slumps*, parches arrecifales y niveles de moluscos. En el Río Gurabo Sur se han medido, a techo de la formación, unos 60 m de margas azuladas que engloban, en la mitad inferior, niveles de *debris flows* microconglomeráticos y con cantos de escala métrica, seguidos de niveles decimétricos de génesis similar pero con fragmentos de corales.

En la Presa de Chacuey (Hoja de Dajabón) y Las Peñas del Río (hoja Pepillo Salcedo), la Formación Gurabo es calcárea y contiene corales en posición de vida. En la primera localidad existen además corales ramosos transportados acompañando láminas cruzadas de media a gran escala.

La base de la Formación Gurabo se ha datado en el Mioceno superior, mientras que su techo se ha situado en el Plioceno inferior (Saunders *et al.*, 1986). Estas dataciones han sido confirmados más recientemente a través del estudio de asociaciones de foraminíferos planctónicos (Lutz *et al.*, 2008), donde se le asigna a las margas de Gurabo un rango temporal de 5,9-4,5 Ma (Messiniense-Plioceno inferior). Una vez más, la potencia de la formación es variable, pero se estimada aproximadamente entre 300 y 400 m. Saunders *et al.* (1986) describen, para la Formación Gurabo, facies conglomeráticas y arenosas básicas, en concordancia con la Formación Cercado, seguidas de varios cientos de metros de limolitas con foraminíferos, en las que se intercalan areniscas con estratificación cruzada, colonias de corales en *slumps*, parches arrecifales y niveles de moluscos. Erikson *et al.* (1998) describe la base de la Formación Gurabo como un contacto neto sobre la Formación Cercado. En su mayor parte, la Formación Gurabo está formada por margas y limos calcáreos, con abundantes microfósiles y, en menor medida, corales solitarios, moluscos y restos de corales coloniales. En general, las facies se hacen más masivas y finas hacia el techo de la unidad.

Dentro de los trabajos desarrollados en el proyecto SYSMIN, la Formación Gurabo se describe como una serie homogénea de margas azuladas que intercalan, en su parte superior, niveles de arenas y *debris flows* conglomeráticos seguidos de niveles de génesis similar, con fragmentos de corales y otros bioclastos. La Formación Gurabo se apoya en contacto paraconforme, o con ligera discordancia cartográfica, sobre la Formación Cercado.

Al Oeste de Río Gurabo Bernardez (2004) describe una discontinuidad entre la Formación Cercado y Gurabo. Esta discontinuidad sedimentaria se registra mediante el desarrollo de una superficie de omisión sedimentaria (hardground) a techo de las Calizas de las Ahuyamas, sobre la que se forma un depósito conglomerático, interpretado como un “lag” transgresivo.

Aunque en el grueso de la formación la macrofauna suele ser inexistente, cerca de su techo los niveles margosos contienen abundante fauna de carácter marino somero, como pectínidos, ostreidos, gasterópodos, equinodermos, algas calcáreas y fragmentos de corales. La unidad parece pasar gradualmente a las Calizas de Mao Adentro, ya que se intercalan progresivamente estratos de calizas bioclásticas en la serie margosa en secuencia estratocreciente. En la parte alta de la formación, Ardévol (2004) describe también areniscas con estratificación cruzada, así como la existencia de numerosos biohermos de corales en posición de vida y niveles de corales ramosos retrabajados. Es destacable también la mención de rizolitos y evidencias de exposición subárea a techo de la unidad.

En el marco del presente proyecto, se han estudiados dos secciones en parte alta de la Formación Gurabo. En el corte de la Cañada, en la Hoja de Santiago, dominan ampliamente las facies de margas grises, masivas, en ocasiones algo arenosas. Poseen hacia su parte alta acumulaciones de restos vegetales y fósiles dispersos de gasterópodos, en general bien conservados. Aparecen a diferentes alturas dentro de la serie niveles decimétricos y centimétricos de arenas medias, con porcentajes variables de bioclastos. Hacia techo, las margas se hacen progresivamente más arenosas y en la serie se intercalan numerosos episodios, decimétricos, de arenas con un alto contenido en fósiles (gasterópodos, bivalvos, corales solitarios). La fauna se encuentra, en general, muy fragmentada. Estos niveles se acuñan lateralmente, poseen granoclasificación normal y base ligeramente erosiva.

En la Hoja de Villa Vásquez, en el flanco Norte de la cuenca del Cibao la sección estudiada está formada por unos 70 metros de margas grises-azuladas, bioturbadas, con un alto contenido en microfósiles y gasterópodos. Hacia techo las margas incorporan niveles de unos 10-20 centímetros de calcarenitas muy bioclásticas (algas, moluscos y corales coloniales), con granoclasificación positiva y base erosiva.

Las asociaciones faunísticas estudiadas dentro de la Formación Gurabo indican un incremento progresivo de la profundidad, desde 20-50 m, cerca de su base, hasta 100-400 cerca de su techo (Van den Bold, 1988; Erikson, 1992). Partiendo de las calizas de las Ahuyamas, en su base, la Formación Gurabo muestra una secuencia de profundización hacia techo, que se inicia en un sistema (para)arrecifal y finaliza en un medio de plataforma siliciclástica externa, por debajo de las Calizas de Mao Adentro (ver más adelante) (McNeill et al., 2008). Para Ardèvol (2004), que estudia exclusivamente la parte más alta de la Formación Gurabo, el medio de depósito puede interpretarse como ambientes marinos transicionales o costeros (marismas lagunas, llanuras y canales mareales, etc.).

Las secciones analizadas registran una progresiva somerización hacia techo de la Formación Gurabo, si bien esta disminución de la profundidad se muestra de forma diferente en función del sector considerado y del tipo de ambiente sedimentario en las zonas costeras.

De esta forma, en la Hoja de Villa Vázquez, se produce una somerización en una plataforma marina siliciclástica que se registra mediante la aparición de bancos de calcarenitas bioclásticas. Cada uno de estos episodios representa la llegada de sedimentos erosionados en la franja costera, transportados hacia la cuenca mediante corrientes de resaca, quizá durante grandes tormentas.

Una interpretación similar puede hacerse de la sección estudiada en el corte de La Cañada (Santiago). En este caso, el área costera que alimenta los depósitos de tormentas sería de naturaleza más siliciclástica, probablemente de mayor influencia deltaica por ubicarse en el piedemonte de la Cordillera Central que en el caso de Villa Vázquez ubicado en el flanco norte de la cuenca

#### 1.7.3.2. Descripción particular a la Hoja

La formación Gurabo aflora en la hoja con una extensión extremadamente reducida al límite noroccidental de la hoja. El único afloramiento se ubica en la ribera izquierda del Río Licey en el pie del puente de la Guama de Guanábao en Cayetano Germosen. El afloramiento fue descubierto por la erosión fuerte de las orillas del Río durante la crecida del Río Licey en Diciembre 2007 consecuente a la Tormenta Olga.

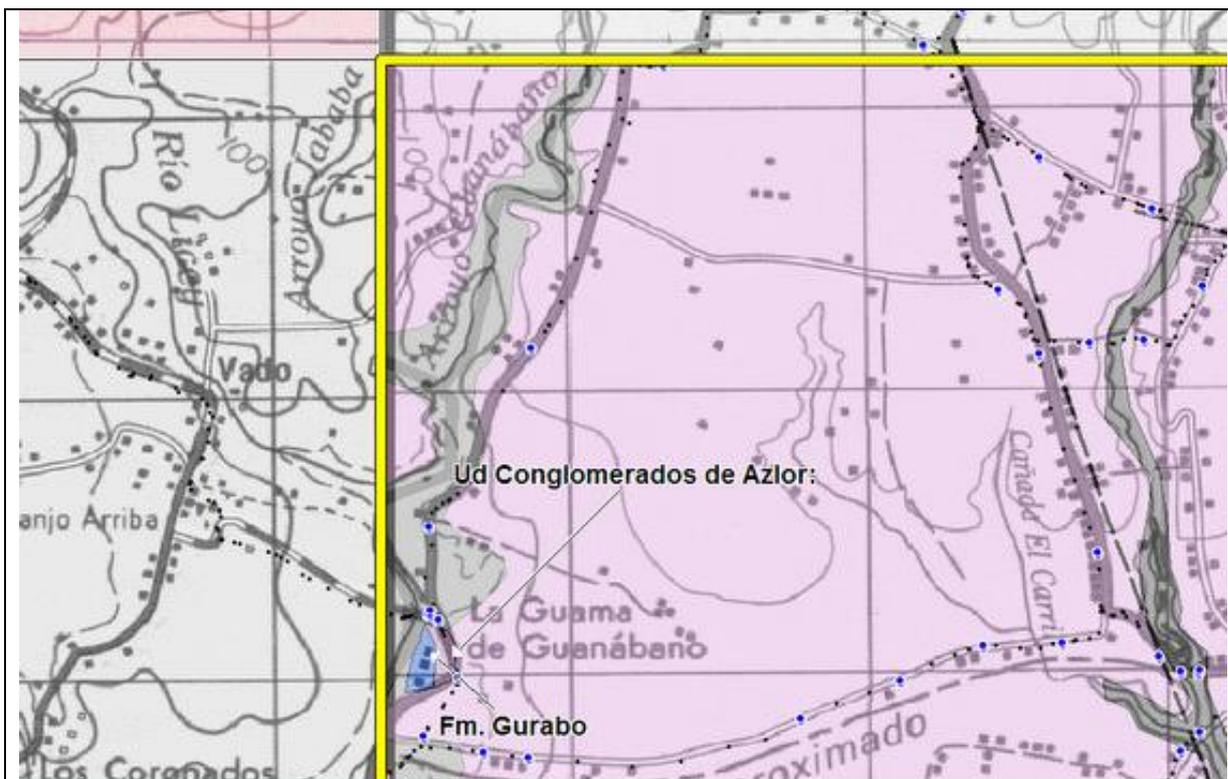


Fig. 26: Detalle cartográfico del afloramiento de la Formación Gurabo (color azul) en el límite Noroccidental de la hoja



Fig. 27: Formación Gurabo - margas siltosas sobreyacidas por el conglomerado de Azlor y la unidad de Lacey al Medio

Puente Río Licey en la Guama de Guanábao - 32PU9350 - Lat.:19°31546 / Long.: -70°49842

Son margas siltosas diaclasadas con moldes de bivalvos. Son fracturadas con diaclases verticales N30°E dip: 90°. El color es gris azulado a gris claro localmente caqui poniéndose beige cuando meteorizado. La presentación del Afloramiento es muy similar a afloramiento de La Formación. Gurabo del Puente de la Carretera Moca La Vega en La Hoja vecina de Santiago.

Este afloramiento permite suponer, por lo mínimo en la parte occidental de la hoja, la naturaleza del substrato de la Unidad de los Conglomerado Azlor que cubre las margas en

discordancia. Este substrato esta conocido en toda la hoja como “pizarras azules” por los técnicos a cargo de las perforaciones y sondeos de abastecimientos de aguas subterráneas. La potencia de la formación no puede evaluarse. Las perforaciones realizadas no indican secciones completa de la formación.



Fig. 28.: Formación Gurabo – detalle del contacto discordante de las margas con el conglomerado de Azlor y la unidad de Licey al Medio

Puente Río Licey en la Guama de Guanábao - 32PU9350 - Lat.:19°31546 / Long.: -70°49842

Fig. 29: Formación Gurabo – Detalle de las margas y siltitas calcáreas con moldes de bivalvos marinos.

Puente Río Licey en la Guama de Guanábao - 32PU9350 - Lat.:19°31546 / Long.: -70°49842

## **1.8. Recubrimiento Cuaternario Pleistoceno a actual**

### **1.8.1. Unidad de los conglomerados de Azlor : Cuaternario – Pleistoceno a Holoceno**

#### **1.8.1.1. Presentación y antecedentes**

Son muy escasas las referencias previas de los Conglomerados de Azlor. La más relevante es el trabajo elaborado por Nadai y Winslow (1988) en su descripción de la estratigrafía y tectónica de la Elevación de San Francisco, donde le asignan a este conglomerado una edad Plio-Pleistocena. Para estos autores, el conglomerado de Azlor posee una potencia variable de 5 a 60 m. Esta formado, en su mayor parte, por conglomerados polimícticos, semicementados, pobremente seleccionados, formado por rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. La matriz está formada por arenas rojas y limos. Generalmente presenta

geometrías canaliformes, con una organización interna muy pobre, con estratificaciones muy mal definidas, aunque de forma esporádica desarrolla estratificaciones cruzadas en surco e imbricación de cantos.

En el curso del presente proyecto se han estudiado dos secciones, muy parciales, en las Hojas de San Francisco de Macorís y de Pimentel.

En la primera se analiza un corte de escasa potencia (5 m) y bajo muy malas condiciones de observación. En este punto la unidad está formada por paquetes decimétricos de conglomerados y arenas ocreas, con niveles centimétricos subordinados de lutitas arenosas grises, con rizolitos y abundante material carbonoso. Los conglomerados presentan una textura clastos-sostenida aunque posee contenido altos en matriz arenosa, algo fangosa. Los cantos son predominantemente subangulosos y poseen un tamaño medio tipo *pebble* (3-4 cm). Se han observado geometrías canaliformes y estratificaciones horizontal e inclinada de bajo ángulo, en general muy mal definidas. Hacia techo se observa un dominio de las facies lutíticas edafizadas sobre las facies conglomeráticas

En la Hoja de Pimentel se han podido realizar observaciones de mayor calidad. La base de la sección está formada por arenas micáceas y conglomerados con estratificación cruzada de bajo ángulo y en surco, de pequeña y media escala. Estas facies contienen grandes troncos de árboles y alto porcentajes de restos carbonosos. Se han observado intercaladas entre las facies más gruesas niveles lenticulares de arenas más finas, con laminación horizontal e inclinada. Hacia techo estos depósitos son cortados de forma oblicua y sucesivamente por niveles de arenas microconglomeráticas y gravas laminadas, en ocasiones conglomerados, con restos de troncos, que conforman un tramo de 8 m con estratificación inclinada paralela de gran escala. Este tramo experimenta una disminución rápida de tamaño de grano hacia techo hasta llegar a formar un nivel de 3 metros de arenas fangosas, con restos vegetales, muy masivo. En la parte alta de la sección vuelve a dominar los conglomerados y arenas rojas, con estratificación cruzada en surco y morfologías canaliformes.

Para Nadai y Winslow (1988) la importancia del Conglomerado de Azlor radica en que registra la retirada definitiva del mar y la continentalización de la Cuenca del Cibao, ya que representa la instalación de un sistema de canales fluviales sobre los materiales marinos de la Elevación de San Francisco. En base a los datos recopilados y la amplia extensión

cartográfica de esta unidad, las características de sus depósitos indican condiciones de sedimentación subárea, en ambientes de llanura aluvial o fluvial, surcada por multitud de canales trenzados, con desarrollo lateral o en zonas intercanal de llanuras de inundación arenosas vegetadas. Las facies conglomeráticas y arenosas gruesas representan relleno complejo de canales, con alta capacidad de transporte, sobre todo mediante flujos tractivos. Se han descrito depósitos residuales de canal (*lag*) y formas asimilables a la migración de de barras longitudinales o dunas de cresta sinuosa. En etapas de menor régimen de flujo se produciría el depósito de las facies de arenas más finas, dentro de las zonas más deprimidas del canal. La construcción de macroformas con estratificación inclinada resulta difícil de interpretar en ambientes de llanura aluvial o fluvial. La explicación más plausible es la llegada de una gran avenida fluvial (flujos tractivos, muy erosivos y de alta capacidad de transporte) desde otros puntos de la llanura, en etapas de inundaciones. La caída de un gran volumen de sedimentos gruesos sobre el margen del canal daría como resultado la construcción de una barra de estas características. El depósito de arenas fangosas sobre esta barra lateral correspondería a las últimas etapas de la inundación, donde se produciría la sedimentación del material arenoso fino y fangoso en suspensión.

#### 1.8.1.2. Descripción particular a la Hoja

Los conglomerados de Azlor están bien representados en el Sector Noroeste de la Hoja en las vecindades de la ciudad de San Francisco de Macorís y en el límite Norte de la hoja. Ocupa 15km<sup>2</sup> equivalente a 3.14% de la superficie de la hoja. Ocupa las alturas y las pequeñas mesetas rodeando la ciudad de San Francisco de Macorís. En los cuales se encajonan los arroyos procediendo de la Cordillera Septentrional al Norte o de las alturas del San Francisco Elevación al Noreste. Los suelos desarrollados son arenosos y drenante y de color rojiza ala diferencia de los suelos desarrollados encima de las arcillas de la Unidad de Licey al Medio. La formas de las zonas diferenciadas en lóbulos de rumbos SO-NE sugieren una compartimentación paralela a la estructuración según los accidentes de rumbo SO-NE muy representados al Este en la Elevación de San Francisco de Macorís.

Las facies y secuencias conglomeráticas están bien expuestas en tres canteras ubicadas en el límite Nororiental de la hoja. En la Cantera de Arroyo Reparadero- (Lat.:19°33'46" / Long.: -70°25'22") ubicada en la hoja de Salcedo a 150m del límite de la Hoja se observa una sección decamétrica de estos conglomerados (Fig. 30). La serie esta constituida de 10m de serie arenosa conglomerática con estratificaciones oblicuas. En la base se observan lentejones y paquetes decimétricos calcareniscas conglomeráticas con carbonatación

diagenética en niveles arenos conglomeráticos. Hacia techo son lentes métricas de areniscas de grano grueso a medio y arenas ocreas con niveles centimétricos subordinados de lutitas arenosas grises y escaso material carbonoso. Esta serie está cubierta por un nivel de potencia variable entre 5 y 2m de brecha conglomerática calcárea con megabloque de calizas bioclásticas. La base es claramente erosiva. Cabe señalar la presencia de megabloque angular de tamaño plurimétrico de calizas bioclásticas desmantelado de una formación muy proximal.



Fig. 30.: Unidad de los conglomerados de Azlor – Vista panorámica de la cantera de Arroyo Reparadero con 10m de alternancias poco marcadas de areniscas conglomeráticas (A) y carbonatada (CgFe) sobreyacidas por una capa de 2 a 5m de brecha conglomerática calcárea (BrCg) con megabloque (BC) de calizas bioclásticas.

Cantera de Arroyo Reparadero- 32PU9053 - Lat.:19°33'46" / Long.: -70°25'22"

De lo observado en las tres canteras los conglomerados presentan una textura clastos-sostenida aunque poseen contenido altos en matriz arenosa, algo fangosa. Se disponen en lentes naranjas métricas. Los cantos polimicticos homométricos poseen un tamaño centimétrico a semidecimétricos. Son constituidos de cantos subangulosos de volcanitas (andesitas del Complejo Pedro García) de cuarzo y de calizas finas beige marrón. Localmente los niveles de conglomerados presentan bloques y paquetes de arenas interestratificados. Los cantos de los conglomerados son cubiertos frecuentemente de óxidos de hierro que da a los niveles un color naranja. La transición con los niveles arenosos de color amarillento a ocre es muy brusca y erosiva en su base (Fig. 31). Estos niveles de areniscas

poco consolidados son de potencia semimétrica, el grano es medio y homométrico. Suelen presentar estratificaciones intercruzadas (Fig. 32 y Fig. 33),

Cabe señalar en el punto 32PU9055 la presencia de una facies diferenciación de los conglomerados con matriz carbonatada (probablemente siderita) interestratificados (Fig. 34) con cantos y clastos centimétricos heterométricos de origen diversos, volcanitas, chert, cuarzo anguloso (Fig. 35).

Existen fósiles de fragmentos pluridecimétricos de troncos de árboles localmente asociados a niveles arenosos con concentraciones de materias carbonosas dispersas. Las secciones de troncos están epigenizadas en carbonatos (siderita o dolomita). Se encuentran esparcidos en el piso de las diversas canteras. Localmente, los troncos se observan in situ en los niveles conglomeráticos. Se presentan como núcleos líticos dentro de una matriz negra carbonosa en forma de halo alrededor del núcleo del tronco carbonatado (Fig. 36).

En la Cantera de Madeja (Lat.:19°33'46" / Long.: -70°25'22") se observa un paquete brecho-conglomerático de color blanquecino sobreyaciendo al conglomerado antes descrito (Fig. 37). Este paquete no aparece clasificado y está compuesto de bloques, clastos de calizas bioclásticas, cantos subredondeados del conglomerado infrayacente. Presenta manchas negras carbonosas. Este nivel es muy parecido a nivel brechoso que yace encima de las secuencias areno-conglomeráticas en la Cantera de Arroyo Reparadero. En este punto la serie está constituida de 20m de serie arenosa conglomerática con estratificaciones oblicuas en la base se observan lentejones de potencia decimétrica de calcareniscas conglomeráticas.

Estos depósitos presentan localmente figuras de fallas normales sin sedimentarias visibles en los cortes de la Cantera de los Pocitos - 32PU9045 - Lat.:19°32'41.8" / Long.: -70°24'49.3" ubicada al este del límite oriental de la hoja en la hoja Pimentel (Fig. 38).

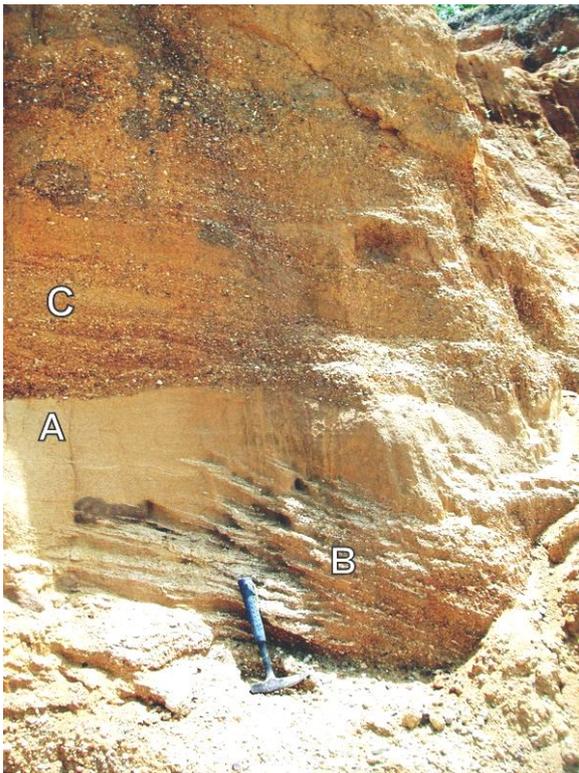


Fig. 31: Unidad de los conglomerados de Azlor – Niveles naranjos polimétricos de conglomerado (C) polimíctico sobreyaciendo a areniscas masivas (A) o laminadas (B) con minerales negros con S0 oblicuas

Cantera de los Pocitos - 32PU9045 - Lat.:19°32418 / Long.: -70°24493

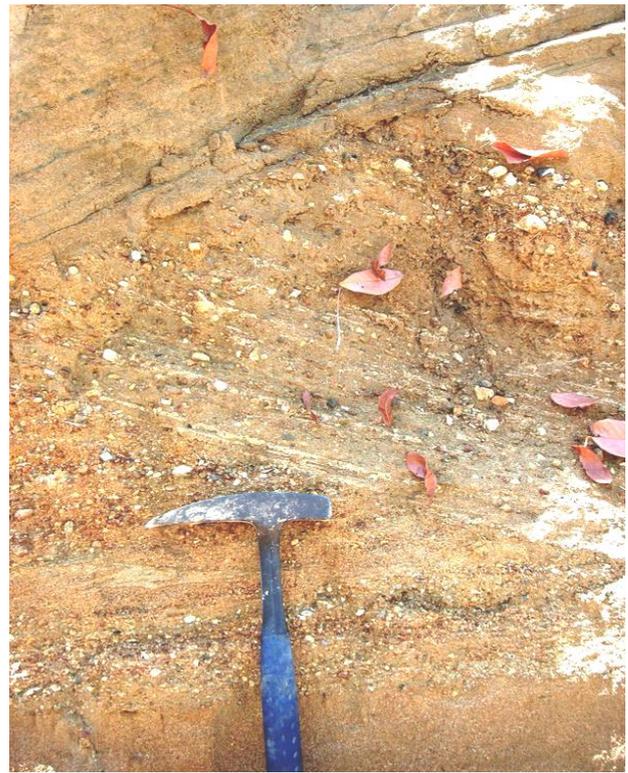


Fig. 32.: Unidad de los conglomerados de Azlor – Detalle de las estratificaciones cruzadas en las areniscas conglomeráticas y areniscas de grano medio

Cantera de los Pocitos - 32PU9046 - Lat.:19°32504 / Long.: -70°24615



Fig. 33: Unidad de los conglomerados de Azlor – Foto de detalle de las areniscas de grano medio estratificadas con un contacto brusco erosivo de niveles conglomerático

Cantera de Arroyo Reparadero- 32PU9053 - Lat.:19°3346 / Long.: -70°25922

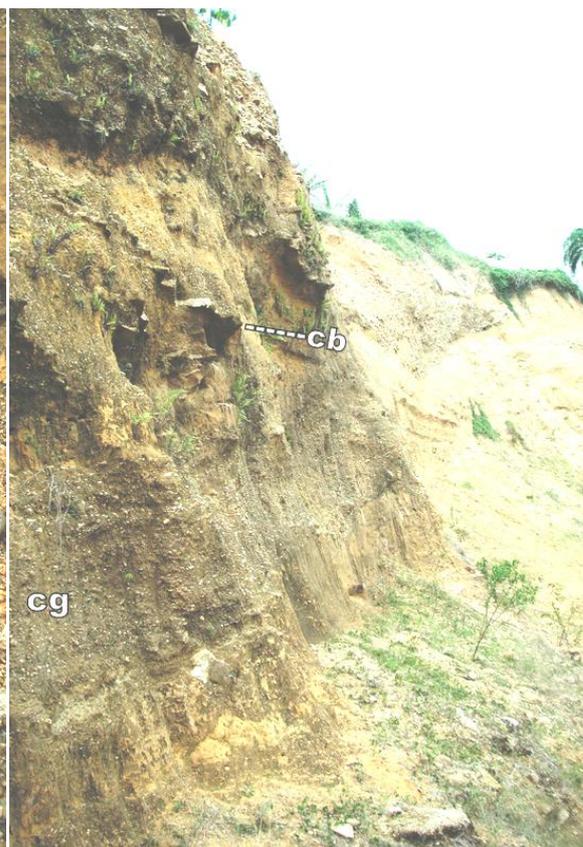


Fig. 34: Unidad de los conglomerados de Azlor – Vista del oeste la cantera de Arroyo Reparadero con niveles de areniscas conglomeráticas carbonatadas (Cb) intercaladas en conglomerados calcáreos (cg)

Cantera de Arroyo Reparadero- 32PU9053 - Lat.:19°3346 / Long.: -70°25922

Otra ocurrencia llamativa de estos de estos conglomerados se ubica en el extremo oeste de la hoja en el Puente Río Licey en la Guama de Guanábao Lat.:19°31546 / Long.: -70°49842 (Fig. 39). En este punto se observa el conglomerado en contacto discordante encima de las margas siltsas de la Formación Gurabo de edad Plioceno inferior. La potencia es muy reducida a 2 metros, el color es rojiza muy oscura. El conglomerado es clastos-sostenido con muy poca matriz y materias carbonosas importantes evolua hacia techo a areniscas y lutitas y arcillas expansivas perteneciendo a la Unidad Licey al Medio;



Fig. 35: Unidad de los conglomerados de Azlor – Foto de detalle de los conglomerados sideríticos con cantos polimicticos sub angulosos a redondos

Cantera de Arroyo Reparadero- 32PU9053 - Lat.:19°3346 / Long.: -70°25922



Fig. 36: Unidad de los conglomerados de Azlor – Sección de tronco fósiles carbonatado de tamaño decimetro en situ co el Halo de materias carbonosas

Cantera de Madeja - 32PU9055 -  
Lat.:19°32996 / Long.: -70°25964

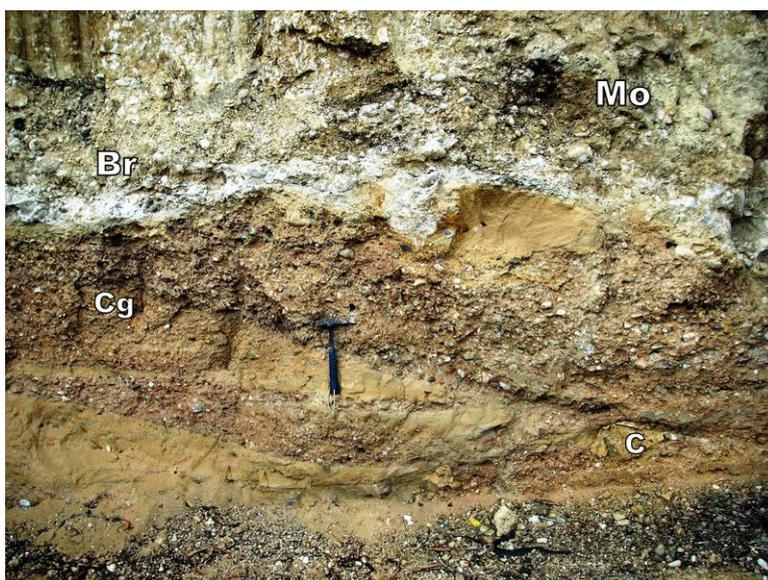


Fig. 37.: Unidad de los conglomerados de Azlor Vista del Contacto irregular y erosivo de la brecha conglomerática calcárea (Br) con concentraciones difusas de materias carbonosas (Mo) encima de las alternancias de areniscas y conglomerados (Cg) con clastos (C) de areniscas

Camino al Play y Cantera de Madeja - 32PU9054 - Lat.:19°33021 / Long.: -70°25879

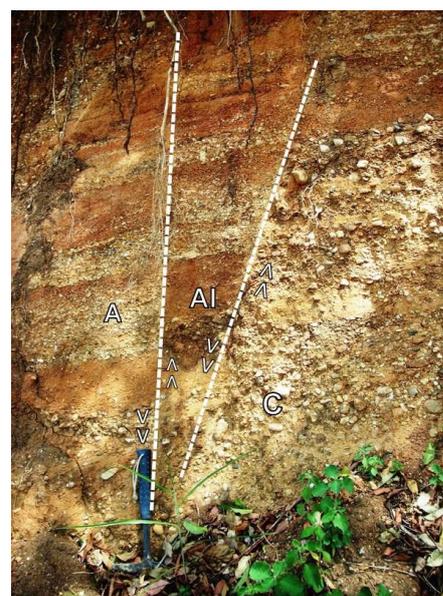


Fig. 38.: Unidad de los conglomerados de Azlor Fallas normales sin sedimentarias muy marcadas en las alternancias decimétricas de niveles polimétricos de conglomerado polimictico (C) con en con areniscas (A) o areniscas lutititas (Al).

Cantera de los Pocitos -32PU9045 -  
Lat.:19°32418 / Long.: -70°24493

Esta evolución con recurrencias de conglomerados en las arcillas de la Unidad de Licey al Medio se observa en varias secciones abiertas a lo largo de la red hidrográfica. La extensión

reducida de estas ocurrencias no permite mapear estas facies en los conglomerados de Azlor. Se caracterizan por una disposición en cliniformas inclinadas y la presencia de clastos decimétricos de areniscas (Fig. 41 y Fig. 42).

La potencia de esta unidad se estima variable entre 20 y 5 metros. Su continuidad debajo de las arcillas de Licey es muy probable. Las varias perforaciones de abastecimiento en agua subterráneas hechas en la hoja encuentran sistemáticamente esta unidad muy porosa a una profundidad de la subsuperficie a 80 pies.



Fig. 39.: Unidad de los conglomerados de Azlor - Vista del Contacto irregular y erosivo de la brecha conglomerática calcárea (Br) con concentraciones difusas de materias carbonosas (Mo) encima de las alternancias de areniscas y conglomerados (Cg) con clastos (C) de areniscas

Puente Río Licey en la Guama de Guanábao - 32PU9350 - Lat.:19°31546 / Long.: -70°49842

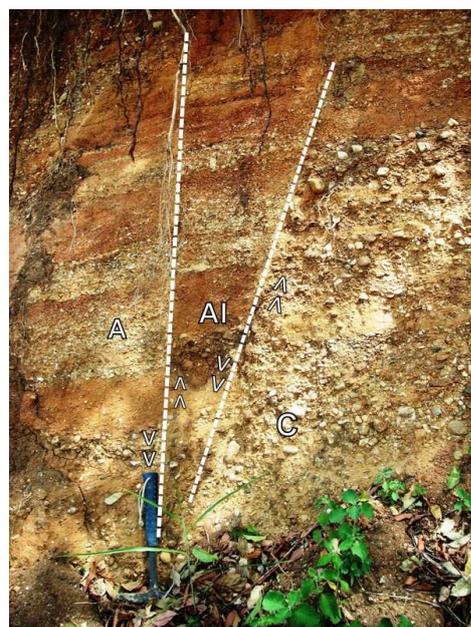


Fig. 40.: Unidad de los conglomerados de Azlor - Fallas normales sin sedimentarias muy marcadas en las alternancias decimétricas de niveles polimétricos de conglomerado polimictico (C) con en con areniscas (A) o areniscas lutificas (Al).

Cantera de los Pocitos -32PU9045 - Lat.:19°32418 / Long.: -70°24493



Fig. 41.: Unidad de los conglomerados de Azlor - Vista de una facies conglomerática (C) con clastos decimétricos de areniscas( A) sobreyacidas por aluviones recientes

Los Indios de Río Cenoví - 32PU9115 - Lat.:19°32476 / Long.: -70°3478

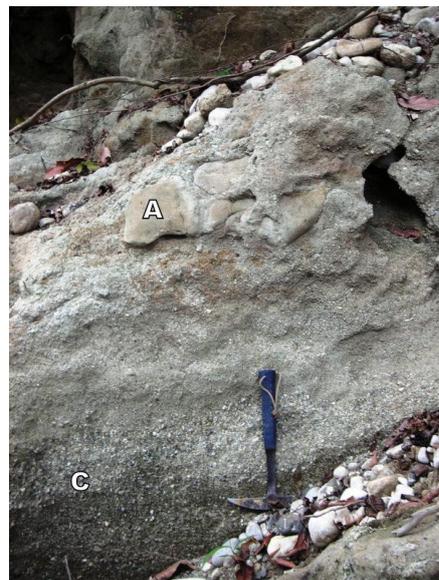


Fig. 42.: Unidad de los conglomerados de Azlor - Detalle de las facies conglomerática (C) con clastos decimétricos de areniscas( A) sobreyacidas por aluviones recientes

Río Cenoví en fin de camino a Los Limones - 32PU9115 - Lat.:19°32476 / Long.: -70°3478

## **1.8.2. Unidad de Licey al Medio - Arcillas endorreicas expansivas muy plásticas (esméticas) frecuentemente calcáreas con intercalaciones subordinadas de siltitas y arenas finas y con desarrollo de vertisuelos negros -14- (Cuaternario Pleistoceno)**

### **1.8.2.1. Presentación y antecedentes**

Esta unidad es de nueva denominación ha sido descrita en el transcurso de este proyecto en las Hojas de Santiago y San Francisco de Macorís. La unidad de Licey al Medio se ha definido con este nombre por la fuerte representación que tiene en el sector de Licey al Medio en la hoja Santiago. Se distingue de la serie del Grupo Yaque por su repartición geográfica en la parte medio superior de las cuencas de los Ríos Licey, Moca, Cenoví y Jagua afluentes de los Ríos Camú y Yuna que al final desemboca en la Bahía de Samaná. Regionalmente su límite occidental corresponde globalmente a la divisoria de aguas entre las cuencas del Río Yaque y del Río Yuna. Su repartición geográfica al sur de la zona de Falla Septentrional permite considerar la como perteneciendo al dominio del Cibao. Su individualización dentro de las formaciones clásicas del cuaternario se debe a características muy peculiares en litología, pedología y geotécnica. En unas hojas debido a la ausencia de

estas características esta unidad se ha integrado a las formaciones cuaternarias comunes de abanico de baja pendiente.

Las descripciones de facies, suelos o litologías correspondiendo a esta unidad son muy escasas. En los trabajos de descripción de la zona de Falla septentrional Mann (1998) cita la presencias se alternancias de arcillas y arcillas siltsas con intercalaciones de niveles orgánicos con dataciones holocenas de estos niveles superficiales. Tirado (2003) en la descripción de los suelos de la Republica describe suelos orgánicos peculiares en la zona de Santiago Moca y Guiza en San Francisco de Macorís. En el curso del Presente proyecto tres muestras de arcillas fueron analizadas por mineralogía y difracción por rayos X. El examen de los resultados hace resaltar en las tres muestras un porcentaje alto en esmécticas de 23% a 50% del total ..

En sedimentología se han estudiado dos secciones contiguas, localizadas en la Hoja de Santiago, ya que su naturaleza especialmente lutítica no facilita la existencia buenos afloramientos. La unidad está formada en su mayoría por lutitas ocres amarillenta, algo arenosas, con rizolitos y restos vegetales, que presentan intercaladas y en su techo calcretas muy bien desarrolladas. Son frecuentes también los niveles decimétricos de arenas medias y finas laminadas, con restos de plantas. Lateralmente estas facies pasan a ser predominantemente arenosas medias, con intercalaciones de de conglomerados de grano fino y base erosiva y de niveles decimétricos y centimétricos de arenas medias-groseras rojizas, con laminación horizontal e inclinada. Los conglomerados presentan textura clastosuportada, matriz arenosa (algo fangosa) y granoclasificación normal. Los cantos son de tamaño pebble, subredondeados, de naturaleza ígnea (basaltos y tonalitas) y sedimentaria (calizas).

Al igual que el Conglomerado de Azlor, esta unidad supone la primera evidencia de instalación de un sistema de sedimentación continental dentro de la Cuenca del Cibao en este sector. El dominio de facies de grano fino, el desarrollo de suelos y la presencia abundante de restos vegetales indican ambientes de sedimentario continental de baja energía que experimentaban de forma intermitente exposición subárea. En conjunto, estas características son propias de llanuras de inundación vegetadas desarrolladas en sistemas fluviales muy maduros. La aparición de facies conglomeráticas y arenosas groseras intercaladas en las arenas finas y lutitas pueden interpretarse como depósitos de levee y de

desbordamiento de canal, probablemente formados en zonas más cercanas al canal durante momentos de crecidas.

#### 1.8.2.2. Descripción particular a la Hoja

La Unidad de Licey al Medio cubre 351km<sup>2</sup> equivalente a 72% de la superficie total de la hoja que corresponde a la unidad más extensa en la hoja (Fig. 43). La unidad constituye una zona llana extensa (Fig. 44) con un desarrollo importante característico de suelos orgánicos negros. Esta llanura completamente antropizada por arrozales (Fig. 45) y compartimentada por los valles de los ríos Licey, Camu, Bacuí, Cenoví, Jaya y sus afluentes principales. En gran parte esta red hidrográfica se encajona en las arcillas. Otros como el Arroyo Pontón en el sector suroeste de la hoja desarrollan sus cursos encima de los suelos negros orgánicos.

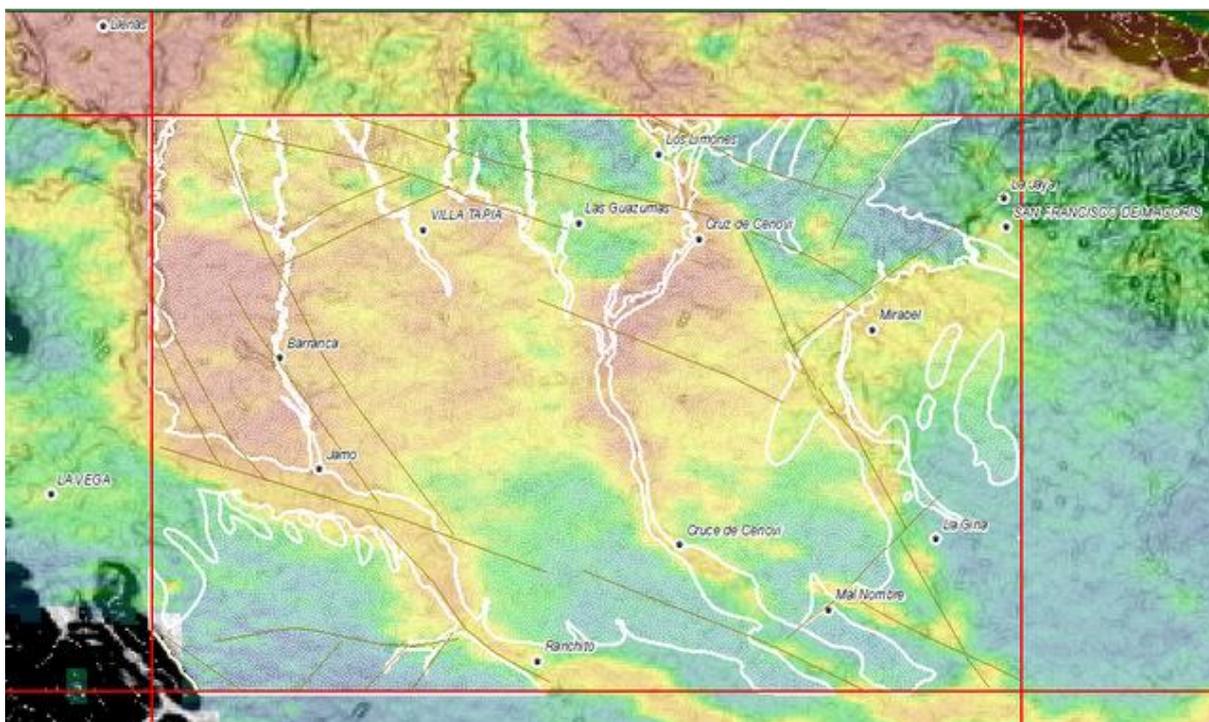


Fig. 43: Esquema de ubicación de la Unidad de Licey al Medio (Blanco) en el marco de la hoja con el mapa del potasio los principales fallas con fondo del modelo numérico de terreno



Fig. 44: Unidad de Licey al Medio – Vista de la llanura de San Francisco de Macoris desde en Suroeste con el Arroyo Pontón y la Autopista Duarte



Fig. 45: Unidad de Licey al Medio –Vista de la antropización de la llanura de San Francisco de Macoris con arrozales de riego 693

Camino subiendo al club Valle Verde - 32PU9556 -  
Lat.:19°18082 / Long.: -70°49833

Camino de Geminillo a las Amargas - 32PU9693 -  
Lat.:19°22324 / Long.: -70°30903

Al Este pasa transicionalmente a terrazas bajas de derrame aluvial y abanicos de baja pendiente con gravas y arenas más desarrollados en la Hoja Pimentel en el piedemonte de la Elevación de San Francisco.

Tal como en la hoja de Santiago estas arcillas y los suelos orgánicos desarrollados en la superficie retornan valores altas en el espectro del Potasio exclusivamente en la ribera este del Río Licey y la ribera norte del río Camu.(Fig. 43). Estos valores altos se extienden a los cauces y partes de la llanura de inundación de dichos ríos.

Los afloramientos se ubican en las incisiones naturales de los drenajes principales. La unidad constituye una planicie plana muy poca inclinada hacia el sur cubierta de suelos negros intensamente cultivados en plátanos. Esta superficie esta liviamente ondulada en la parte norte con erosión de la cobertura de suelos en los flancos de las ondulaciones

La Unidad de Licey al Medio puede describirse como una secuencia compuesta de dos facies litológicas principales:

Las arcillas expansivas con intercalaciones arenosas

Los niveles arcillo-orgánicos negros a techo

#### 1.8.2.2.1. Las arcillas expansivas con intercalaciones arenosas

Las arcillas son de color principalmente naranjas, con tonos ocre amarillento y localmente oliváceas a marrón. Los afloramientos se encuentran exclusivamente en las orillas de arroyos o ríos erosionando la cobertura de suelos negros.

Se presentan en alternancias decimétricas de paquetes métricos a decimétricos de arcillas siltosas ocre naranjas con areniscas finas ocre beige o en intercalaciones escasas a frecuentes. Las alternancias son de límites difusas (Fig. 46) o bien marcadas con estratificaciones oblicuas con localmente figuras de slumps de taludes (Fig. 48 y Fig. 49).

Las areniscas son generalmente calcáreas con presencia local de carbonatos diseminados o en forma de concreciones calcáreas blancas centimétricas en nódulos elipsoides (Fig. 46 y Fig. 47). También es frecuente la presencia de cristales milimétricos de yeso.

En estos arroyos, estas arcillas están saturadas de agua hasta un metro encima del nivel de drenaje (Fig. 48 y Fig. 49). La parte superior de los cortes presenta grietas de desecación muy abiertas. Los taludes y las orillas de ríos presentan sistemáticamente deslizamientos limitados o generalizados (Fig. 50 y Fig. 51). El substrato blando en esta facies saturada no permite el acercamiento de los escasos cortes y tal como el cruce de los arroyos con vados naturales.

Un análisis mineralógico de tres muestras de arcillas en la hoja vecina de Santiago de los Caballeros indica un porcentaje importante de esmécticas entre 50 y 23% de caolinita (29 – 39%) y de yeso 4% y calcita localmente hasta 23%.

Estas arcillas expansivas expuestas a la saturación en temporada de lluvias fuertes juegan un papel importante en los problemas de estabilidad de taludes de carreteras o de riberas de ríos. Varios casos de derrumbes y deslizamientos se han observado durante la temporada ciclónica del año 2007 (Tormentas Noel y Olga). Estos casos se exponen con detalle en el capítulo de riesgos geológicos.

La zona de transición con los suelos negros es visible en varios puntos de la hoja de San Francisco de Macorís en diferentes presentaciones como fundaciones de casas (Fig. 56), erosión de taludes a diferentes escalas, incisiones (Fig. 57), derrumbes (Fig. 50), deslizamientos (Fig. 51) y erosión en sectores de topografía undulada ligada a movimientos recientes de geotectónica (Fig. 52 y Fig. 53).

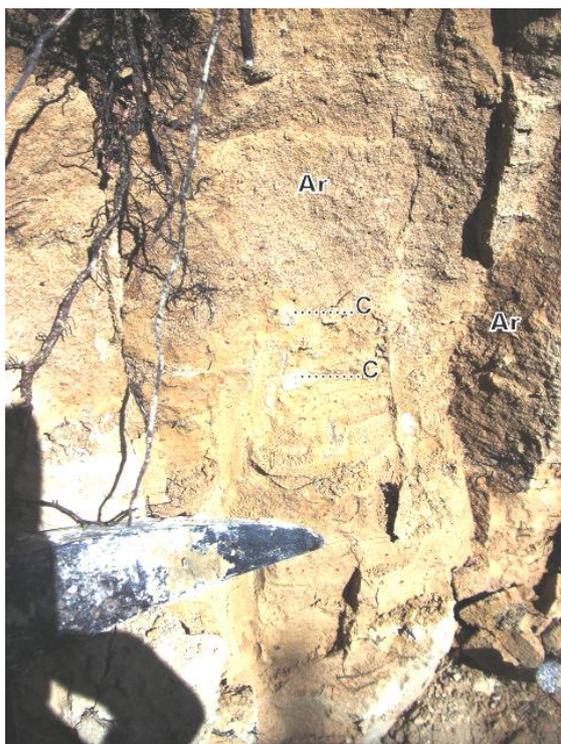


Fig. 46: Unidad de Licey al Medio: Arcillas expansivas de color beige amarillento con intercalaciones de areniscas (Ar) de grano medio calcárea y nódulos calcáreos (c)

Subida hacia las Uvas - 32PU9006 - Lat.:19°31'35.6" / Long.: -70°47'38.6"



Fig. 47: Unidad de Licey al Medio : Areniscas no clasificadas calcáreas de grano medio poco consolidadas de color beige ocre con diferenciaciones nodulares de calizas calcáreo dolomíticas blanquecinas

Vado en Arroyo Porquero - 32PU9112 - Lat.:19°32'40.9" / Long.: -70°34'21.6"



Fig. 48: Unidad de Licey al Medio - Arcillas muy plásticas calcáreas poco arenosas liviamente ondulada con una S0 muy discreta saturadas a 0.7m encima del nivel del Río

Puente Bacuí en Disco Chamizal - 32PU9018 - Lat.:19°26'22.1" / Long.: -70°46'40.7"



Fig. 49: Unidad de Licey al Medio - Arcillas beige amarillentas muy arenosas calcáreas localmente figuras de slumps - arcillas muy saturadas hasta +1m arriba del nivel de agua

Río Cenoví - 32PU9251 - Lat.:19°27'09.1" / Long.: -70°36'8.2"

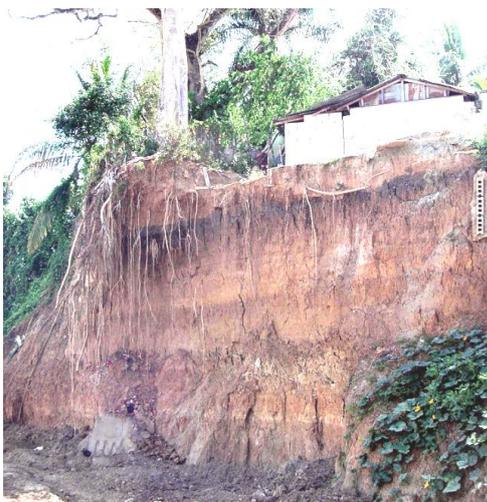


Fig. 50: Unidad de Lacey al Medio - Vista del la transición de los suelos negros a las arcillas ocre en un corte de derrumbe en Sabaneta

Puente del Río Camú en la carretera de La Vega a Villa Tapia - 32PU9286 - Lat.:19°22552 / Long.: -70°47846



Fig. 51: Unidad de Lacey al Medio - Vista del la transición de las arcillas ocre (B) a los suelos negros (A) con el substrato de margas de la Formación Gurabo (C) en un corte de deslizamientos en la Guama de Guanábao

Puente Río Lacey en la Guama de Guanábao - 32PU9350 - Lat.:19°31546 / Long.: -70°49842



Fig. 52: Unidad de Lacey al Medio - Vista del la transición de los suelos negros a las arcillas ocre en un sector de topografía ondulada

Camino de La Gina a los Cocos N° 2 - 32PU9193 - Lat.:19°31486 / Long.: -70°38922



Fig. 53: Unidad de Lacey al Medio - Vista del la transición de los suelos negros a las arcillas ocre en un sector de topografía ondulada

camino hacia Lacey Abajo desde las Yayas - 32PU9326 - Lat.:19°26976 / Long.: -70°50178

#### 1.8.2.2.2. Los niveles arcillo-orgánicos negros

Estos niveles constituyen la facies superficial de la unidad y el desarrollo importante de estos es unas de las características principales de la unidad. El espesor varía de 0m a 2m. Cubren casi toda la superficie de la Unidad y salvo las incisiones a lo largo de la red hidrográfica . Están intensamente cultivados en arroz de riego en la parte bajas (Fig. 54) o en plátanos en las zonas inclinadas y onduladas del la parte Norte de la hoja (Fig. 55).

La transición con las arcillas subyacente es visible en fundaciones de casas (Fig. 56), erosión de taludes a diferentes escalas (Fig. 50 a Fig. 53), o pequeñas incisiones (Fig. 57),

En su descripción de los suelos de la República Dominicana, Tirado (2003) describe unos un perfil de suelo denominado “suelos Moca”. A continuación su descripción de estos suelos: “El drenaje interno como “excelente permitiendo labores agrícolas poco después de fuertes lluvias. La textura es arcillosa con estructura granular fina. Los suelos Moca, son sin duda los más fértiles del país. Estos suelos presentan un perfil característico de arcilla negra con textura granular, sustentados a profundidades variables por arcilla calcárea de color pardo claro con inclusiones calizas. En la zona bordeando la Cordillera Septentrional son poco profundos y las pendientes son ligeramente inclinadas. Más al sur son menos inclinadas, el suelo se hace más profundo y el nivel de fertilidad más alto. Las capas superiores del perfil no contienen carbonatos libres causados por un intenso proceso de lixiviación. Próximo a la arcilla basal, encontramos en otras áreas una capa de arcilla olivácea”.



Fig. 54: Unidad de Licey al Medio: Vista de los suelos negros antropizados en el sector del Arroyo Pontón.

Camino de Rancho viejo a Sabana de Pontón - 32PU9474 -  
Lat.:19°20411 / Long.: -70°45869



Fig. 55: Unidad de Licey al Medio : vista del glacis horizontal negro de suelos orgánicos con cultivos intensivos de plátano;

Carretera de la Barranca a Vila Tapia - 32PU9027 -  
Lat.:19°28901 / Long.: -70°43496



Fig. 56: Unidad de Licey al Medio – Transición de los suelos orgánicos negros a arcillas oliváceas –Fundaciones de casa en el sector de Arroyo Bijao

Arroyo Bijao en la carretera a Tenares – 32PU9065 – Lat.:19°32721 / Long.: -70°28052



Fig. 57: Unidad de Licey al Medio – Transición de los suelos orgánicos negros a arcillas oliváceas en el sector de Barranca

Puente la carretera de Barranca a Vila Tapia Lat.:19°28195 / Long.: -70°44016

## **1.9. Recubrimiento Cuaternario Pleistoceno a actual**

El Cuaternario reciente en la hoja esta representado principalmente de depósitos fluviales y de escorrentía superficial, principalmente. Debido al relieve muy suave las formas poligénicas y gravitacionales son poco representadas

### **1.9.1. Cuaternario - Coluviones: cantos, arenas con matriz arcillosa – 6**

Este tipo de forma de depósito gravitacional se limita una faja muy estrecha (200m) en el piedemonte de la Loma de Pontón Constituyendo el substrato de la Autopista Duarte en su trazado en la esquina Suroeste de la hoja. Están constituidos de acumulaciones heterométricas poca consolidadas de mega bloques (>2m) bloques y arenas gruesas de peridotita serpentinizadas. En la sección de la hoja las peridotitas están poco argilitizadas moderadamente fracturadas y de hecho no se observan deslizamientos en masa como los conocidos en otras secciones de la Autopista Duarte más al Sur.

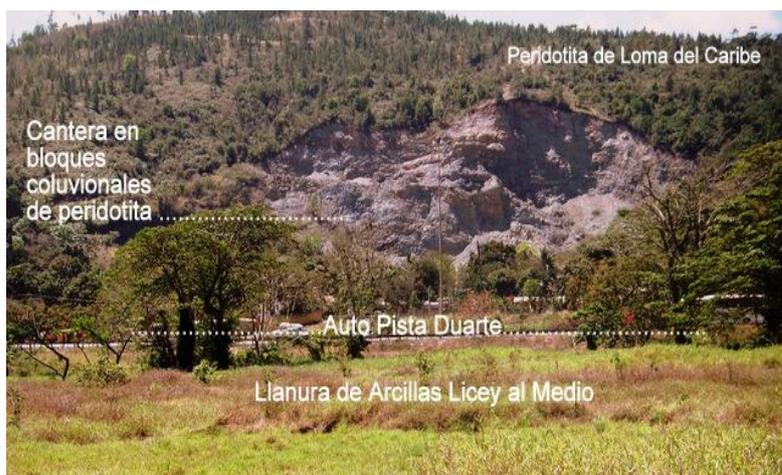


Fig. 58: Cuaternario – Coluviones: Vista de la cantera ocasional en los coluviones de la Loma Pontón con la Autopista Duarte al segundo plano

Residencial Rubí en Pontón al Este de Autopista Duarte hacia La Vega - 32PU9492 - Lat.:19°18416 / Long.: -70°49608



Fig. 59: Cuaternario – Coluviones - manantial en los coluviones con mega bloques, bloques y arenas gruesas en el Piedemonte de la Loma Pontón

Cantera de Pontón en los coluviones al oeste de la Autopista - 32PU9554 - Lat.:19°18253 / Long.: -70°5007

### 1.9.2. Cuaternario - Terrazas bajas de derrame aluvial y abanicos de baja pendiente: arenas y limos con arcillas - 7

Estos depósitos cubren 41km<sup>2</sup> equivalente a 10% de la superficie total. Se ubican principalmente en los límites oriental y occidental de la hoja.

En la parte oeste de la hoja se disponen en lóbulos alargados en la ribera derecha del Río Camu.

Le composición de estos lóbulos es arenosa y limosa liviamente arcillosos. Son de grano fino y de color naranja a marrón con suelos drenantes. Son de poco espesor estimado a unos 10 metros maximales. Contrastan fuertemente con los suelos negros desarrollados a techo de las Arcillas de Licey al Medio que constituyen el substrato aflorando frecuentemente al entorno de estos depósitos. La característica drenante del suelo permite el establecimiento de viviendas generalmente escasas en el llano de las arcillas.

Esta forma de depósitos se observan en condiciones muy específicas. A lo largo del Río Camú la ubicación exclusiva en la ribera derecha del río y la elevación mas baja de dicha ribera en comparación de la otra permite relacionar estos depósitos a lóbulos de derrame

durante crecida del Río Camu. La Parte limítrofe del depósito con la Hoja La Vega corresponde claramente a los depósitos de abanico del Río Camú espacialmente relacionado al cambio entre el régimen de alta energía en la Cordillera Central y el régimen de baja energía en la llanura del Valle del Río Yuna. Esta disminución de energía además aumentada con la confluencia del Río Licey favorece el aluvionamiento en esta zona de topografía llana.

En la parte oriental en el sector de Mirabel al Sur de la Ciudad de San Francisco de Macorís sector estos depósitos forman una superficie importante superando los 32km<sup>2</sup>. El límite con las Arcillas de Licey al Medio se percibe claramente en la carretera 19 llegando de Bonao. Al suroeste de la Yagüiza y del Puente del Arroyo Yagüiza la carretera 19 cruza arrozales cultivados encima de los suelos orgánicos negros de la Unidad Licey Al Medio. Después, hacia el Noreste del Arroyo Yagüiza y del Río Jayas la carretera 19 sube suavemente hacia San Francisco de Macorís en suelos más arenosos con desarrollo de praderas de pasto y cacaotales para llegar a la zona periurbana meridional de San Francisco construida encima de estos suelos arenosos (Urbanizaciones Campo Fernández y Las Palmas)

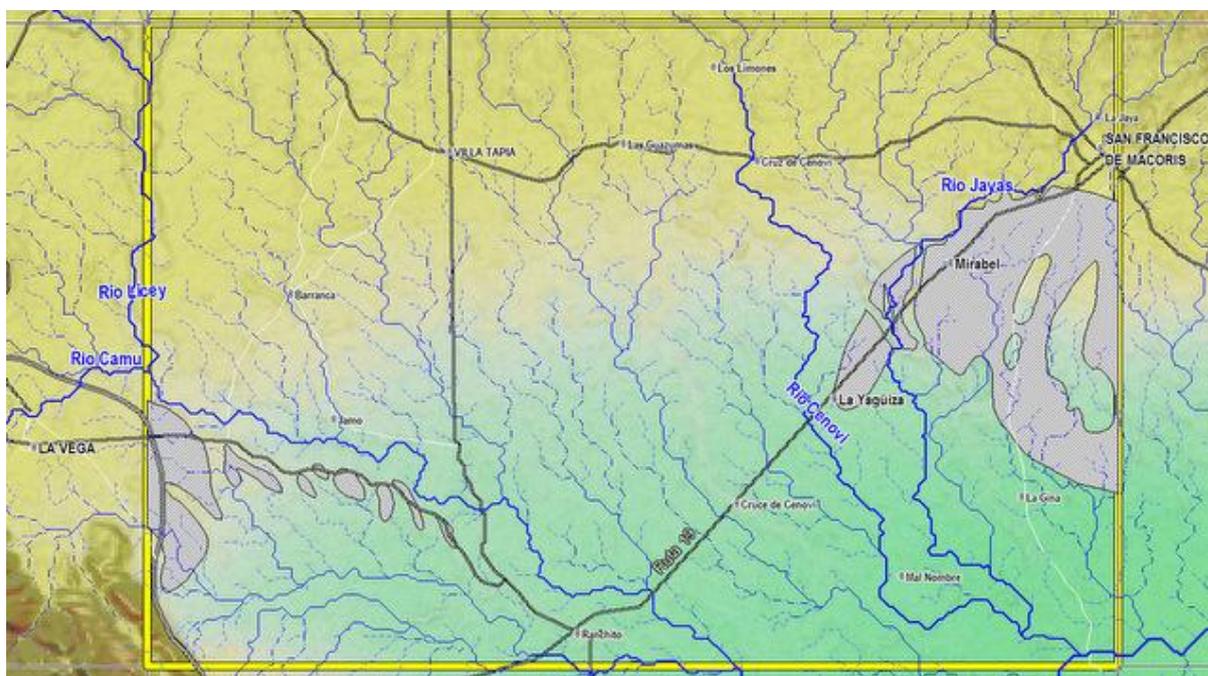


Fig. 60: Esquema de ubicación de Terrazas bajas de derrame aluvial

Dentro de esta formación se observa charcos con arcillas negras de extensión limitada o más extensa por ejemplo a lo largo del Camino San Francisco El Pozo Genimo o en el límite Oriental de la Hoja . Estos parches corresponden o a zonas de arcillas negras no cubiertas

por el derrame (zonas extensas) o a charcos lodosas en zonas bajas del derrame (zonas limitadas).



Fig. 61: Cuaternario – Terrazas bajas de derrame aluvial y abanicos de baja pendiente: Vista hacia el Norte de las praderas de pasto en suelos arenosos marrón.

Camino de la Gina a la Guarana - 32PU9753 - Lat.:19°22 / Long.: -70°26279



Fig. 62: Cuaternario – Terrazas bajas de derrame aluvial y abanicos de baja pendiente: Suelos arenosos limosos marrón naranjo

Campo en la zona del Pinito - 32PU9436 - Lat.:19°2136 / Long.: -70°49351

### 1.9.3. Cuaternario - Llanura aluvial y de inundación: limos, arcillas y arenas – 8

En La Hoja las facies de llanura de inundación se concentran en las orillas los ríos principales y debido al carácter muy llano del valle del Río Camú esta zona de inundación ocupa una superficie importante 62km<sup>2</sup> o 13% de la superficie de la hoja. Se extiende en el Valle del Río Camú con extensión ancha salvo en la sección entre Magüey- La Tala y Ranchito. La llanura ocupa el valle del Río Licey mas estrecha ubicada entre la presente hoja y la hoja vecina de La Vega. La llanura se extiende también en la zonas bajas de los ríos Cenoví y Jayas correspondiendo a zonas de transición entre el cauce erosivo de la zona alta en el piedemonte de la cordillera septentrional y la Llanura del Valle de los ríos Camú y Yuna. Las inundaciones ocurridas durante de la temporada ciclónica de 2007 con el periodo lluviosos de las tormentas Noel (29 de Octubre) y Olga (12 de Diciembre) permitieron recoger datos de las zonas inundadas durante este periodo con localmente depósitos efectivos de materiales ligados a estas inundaciones.

Esos depósitos corresponden a limos arcillas y arenas subordinadas depositados en corredores sub paralelos al cauce principal. Debido a la antropización agrícola intensa de la zona estos depósitos son generalmente retrabajados y se traducen por una coloración naranja a ocre (Fig. 63) localmente gris (Fig. 64) de los suelos contrastando con el color negro a marrón oscuro de los suelos orgánicos desarrollados encima de las Arcillas de Licey al Medio.

La llanura de inundación del Río Camú se estrecha de 1.5 a 0.5 km de ancho en una sección del río Camú ubicada entre La Tala Maguey río arriba y Ranchito río abajo. Este estrechamiento de la llanura provoca un efecto de embudo con una concentración de las corrientes que, en el caso de la tormenta Olga, provocó muchos daños en el poblado de Ranchito en una inundación asociada a corrientes fuertes en todo el poblado de Ranchito (Fig. 65 a Fig. 68). La crecida llegó a más de 2 metros en las orillas del Río.



Fig. 63: Cuaternario – Llanura aluvial y de inundación: vista de los depósitos de inundación del Río Camú en Ranchito contrastando con los suelos negros de las Arcillas de Lincey al Medio

Carretera a San Francisco en la entrada de Ranchito - 32PU9564 - Lat.:19°1741 / Long.: -70°39249



Fig. 64: Cuaternario – Cuaternario – Llanura aluvial y de inundación: vista de los depósitos arcillosos de inundación en el valle bajo del Río Cenoví.

Camino de Hato Viejo a El Caimito - 32PU9712 - Lat.:19°17215 / Long.: -70°29982



Fig. 65: Cuaternario – Llanura aluvial y de inundación: Vista del un corredor de inundación en el sector de Ranchito de la Tormenta Olga ( Diciembre 2007)



Fig. 66: Cuaternario – Cuaternario – Llanura aluvial y de inundación: Vista del nivel de inundación en Las Rosas (Ranchito) con la Tormenta Olga (Diciembre 2007)

Paraje Las Rosas en Ranchito - 32PU9584 - Lat.:19°17541 / Long.: -70°37014

Paraje Las Rosas en Ranchito - 32PU9583 - Lat.:19°176 / Long.: -70°37301



Fig. 67: Cuaternario – Llanura aluvial y de inundación: Vista del trayecto rectiligno del Río Camú y los daños causados por la tormenta Olga ( Diciembre 2007) en Ranchito

Fig. 68: Cuaternario – Llanura aluvial y de inundación: Vista de los daños causados por la tormenta Olga (Diciembre 2007) en Ranchito a lo Largo del río Camu

Calles de Ranchito - 32PU9566 - Lat.:19°17635 / Long.: -70°3906

Calles de Ranchito - 32PU9566 - Lat.:19°17635 / Long.: -70°3906

#### 1.9.4. Cuaternario Paleomeandros: limos, arcillas y arenas

Los paleomeandros mapeados se ubican en la sección occidental del Río Camú Río arriba de la sección anteriormente descrita. Al igual de los aluviones de fondo de valle, son constituidos de arenas, limos y arcillas con desarrollo de materias orgánicas en la superficie.



Fig. 69: Cuaternario Paleomeandros: vista de una sección de paleomandro (PM) en el Valle del Río Lacey Suelos orgánicos (SO) / Unidad de Lacey aL Medio (UL) / Llanura de inundación (LI)

Orilla del Río Lacey en las Yayas - 32PU9311 - Lat.:19°24469 / Long.: -70°49684

#### 1.9.5. Cuaternario - Aluviones de fondo de valle: Gravas arenas y arcillas

Los aluviones de fondo de valle son representados en los ríos y arroyos principales de la Hoja. Están bien individualizados en los cauces de los ríos Lacey, Camú y en los cauces

superiores de los arroyos Palma, Cenoví y Jayas. El material esta constituido de arenas finas a gruesas (Fig. 70), limos y arcillas dispuestas en niveles laminares. Localmente y especialmente en el curso inferior de estos arroyos, el cauce encajonado desaparece y el arroyo corre en la zona de inundación sin trayecto permanente con depósitos mezclados con los depósitos los de la zona de inundación (Fig. 71).

El material esta constituido de arenas finas a gruesas limos y arcillas dispuestas en niveles laminares. Locamente los niveles arenosos están explotados (Fig. 70) en el cauce del Río Licey y Camu.



Fig. 70: Cuaternario Aluviones de fondo de valle: Explotación de los niveles arenosos en el Cauce del Río Licey.

Camino hacia Licey Abajo desde las Yayas - 32PU9323 -  
Lat.:19°2746 / Long.: -70°49644 Long.: -70°37301



Fig. 71: Cuaternario Aluviones de fondo de valle: corredor de depósitos en la llanura de inundación.

Camino hacia las Yayas al sur de la carretera La Vega Villa  
Tapia - 32PU9310 - Lat.:19°24585 / Long.: -70°4947

## 2. TECTONICA

### 2.1.1. Generalidades

La hoja de San Francisco de Macorís se ubica en la parte occidental del Dominio de la cuenca del Cibao limitada al Noreste por la Elevación de San Francisco de Macorís, al Suroeste por las peridotitas del Caribe que se inyectan en la Zona de Falla de la Española. El Dominio de la Cordillera Oriental esta presente al sur y no aflora en superficie en el marco de la hoja.

## **2.1.2. Zona de Falla de la Española con ocurrencias de la Peridotita de Loma Caribe**

### **2.1.2.1. Generalidades**

Macizos de peridotitas serpentinizadas de aparente afinidad ofiolítica aparecen principalmente en dos dominios estructurales en la Española, que son el Dominio de la Cordillera Septentrional y el de la Cordillera Central, en parte equivalente al Cinturón Intermedio (Bowin, 1975; Lewis, 1981; Lewis y Draper, 1990). En ambos dominios, existen evidencias de que estos macizos se originaron independientemente como parte de una asociación ofiolítica, la cual aparece en la actualidad muy desbrembrada con gran parte de las características originales destruidas (Lewis et al., 2006). El principal cinturón peridotítico serpentinado, o Peridotita de Loma Caribe, se localiza en el Dominio de la Cordillera Central, presenta un espesor de unos 4-5 Km. y se extiende unos 100 km desde el área de La Vega al Cerro Prieta situado al norte de Santo Domingo. Sin embargo, tanto en su sector NO como en el SE, la peridotita aflora como delgadas láminas limitadas por fallas de dirección NO-SE a ONO-ESE, relacionadas con la Zona de Falla de La Española. La Peridotita de Loma Caribe está principalmente compuesta de harzburgitas con espinela, harzburgitas con clinopiroxeno, dunitas, lherzolitas y pequeños cuerpos de cromitas podiformes aparecen también (Lewis et al., 2006, 2008). Los cuerpos de dunitas son relativamente pequeños, de hasta 500 m de longitud y de <10 m de potencia. Los contactos con la harzburgita son principalmente irregulares, similares a los parches irregulares de dunitas descritos en la sección mantélica de numerosas ofiolitas. Las peridotitas normalmente están extensamente serpentinizadas y variablemente cizalladas, en particular hacia el contacto estructural superior. Las rocas suprayacentes consisten en cuerpos de tamaño hectométrico de gabros bandeados, que pasan estructuralmente hacia arriba a gabros masivos e isótropos. Las relaciones de contacto de estos cuerpos con las peridotitas son siempre por falla. Las peridotitas serpentinizadas están intruidas por diques y sills de rocas doleríticas y rocas gabroicas, que muestran contactos enfriados. Estas intrusiones resultan más abundantes hacia la parte alta de la secuencia y hacia el suroeste. La asociación litológica de rocas peridotíticas intruidas y/o cubiertas por rocas ígneas máficas, ha sido considerada de carácter ofiolítico (Lewis et al., 2002, 2006), aunque no posee una estratigrafía ofiolítica completa. Sobre las harzburgitas serpentinizadas se ha desarrollado una importante alteración laterítica rica en Ni. Las reservas de Níquel han sido estimadas por la compañía Falconbridge Dominicana en 1-2Mt con un grado de 1.2% Ni.

Los principales tipos petrográficos de rocas peridotíticas menos serpentinizados observados

en la Peridotita de Loma Caribe son:

- harzburgitas masivas con espinela
- dunitas con espinela
- venas websteríticas
- harzburgitas serpentinizadas y serpentinitas foliadas especialmente las deformadas por la Zona de Falla de La Española.

#### 2.1.2.2. Descripción particular a la Hoja

En la esquina Suroeste de la hoja el limite entre el dominio de la Cordillera Central y la Cuenca del Cibao Oriental esta marcado por una falla normal limitando la peridotitas de la Loma del Caribe y el relleno cuaternario de la cuenca. Esta falla de orientación NNO-SSE aparece en la esquina Suroeste de la hoja entre la Loma Pontón y el valle del Río Pontón Constituye un escarpe de 120m con relleno de coluviones en el piedemonte. Su trazado corresponde al trazado de la autopista Duarte en la Hoja. Esta falla pertenece al sistema de Falla Bonao La Vega ligado a La Falla La Española

Las peridotitas aparecen argilitizadas en las fracturas corresponden a harzburgitas serpentinizadas y serpentinitas foliadas deformadas por la Zona de Falla de La Española.

#### **2.1.3. Neotectónica del relleno cuaternario**

El relleno cuaternario al Noreste de la falla no presenta evidencias de tectónica reciente. Sin embargo la elevación del Río Pontón (81m) en el limite de la hoja esta inferior a la elevación del Río Camú (85m) en el limite de hoja. Este criterio podría indicar una subsidencia actual más importante de la cuenca cuaternaria en el sector Sur (Cuenca del Arroyo Pontón). Este fenómeno esta concordante con la presencia de lóbulos de derrame exclusivamente en la ribera derecha del Río Camú y la ausencia de paleomeandros en la sección La Tala Ranchito del cauce del Río Camu.

#### **2.1.4. Elevación de San Francisco**

La Elevación de San Francisco, desde el punto de vista tectónico, se interpreta como un medio pop-up (flor tectónica) formado en transpresión y en relación con la Falla Septentrional. Éste es afectado por un doble sistema de fallas: fallas de desgarre con dirección paralela a la Falla Septentrional, y fallas normales de dirección sub-perpendicular que cortan las estructuras y que le confieren una morfología característica en “pan francés”.

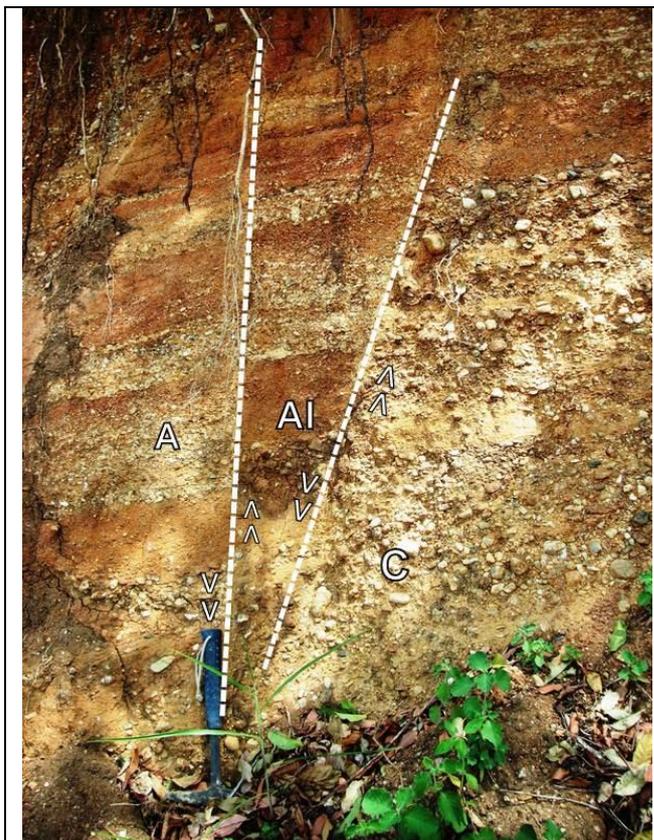


Fig. 72: Unidad de los conglomerados de Azlor - Fallas normales sinsedimentarias muy marcadas en las alternancias decimétricas de niveles polimétricos de conglomerado polimíctico (C) con en con areniscas (A) o areniscas lutíticas (AI).

Cantera de los Pocitos -32PU9045 - Lat.:19°32'41.8" / Long.: -70°24'49.3"

En la hoja, sola la Unidad de Macorís de edad Mio-Plioceno pertenece a este dominio. Esta horizontal y cubierta en discordancia por el Conglomerado de Azlor de edad pleistoceno. La Unidad Macorís esta en contacto con el conglomerado Azlor al Norte por una falla de rumbo SO-SE muy marcada en la topografía por la traza en bayoneta del Río Jayas al limite oeste con la hoja Pimentel. Cabe señalar en este sector la presencia de fallas sin sedimentarias en las alternancias del Conglomerado Azlor () que atestan de una actividad tectónica importante al Pleistoceno. Mas al Suroeste esta familia de falla es poco representada salvo en el curso superior del Río Jaya, y en el sector del Arroyo Mal Nombre – Colón donde pequeños escarpes y un límite contornado de la zona de inundación indican una

tectónica reciente.

En la zona central, la composición arcillosa de las formaciones cuaternarias de la parte oriental de la Cuenca del Cibao así que la topografía plana, no permiten la expresión llamativa de las fallas existentes. Los datos magnéticos de la geofísica aeroportada indican anomalías débiles profundas ligadas a intrusivos en el basamento infrayaciendo la cuenca.

En el Sector Noreste de la hoja, la disposición de la red hidrográfica y la disposición de las zonas de exposición del Conglomerado Azlor en lóbulos orientados NE-SO traducen un recorte según las fallas transversales NE-SO frecuentes en la Elevación de San Francisco. El curso superior del río Jaya y unas discontinuidades topográficas

En la zona occidental se observan localmente tramos en bayoneta del Río Licey y facies arenosos con figuras de slumps en el Arroyo Bacuí provocados probablemente por fallas de

rumbo NNO-SSE. El tramo recto del Río Camú sin desarrollo de paleomeandros entre la Tala - Maguey y Ranchito corresponde probablemente a un corredor de falla de mismo rumbo NNO-SSE así como la parte inferior del Cauce del Río Jaya

Existe otra familia de falla de rumbo ONO-ESE que corresponde, en el sector norte, a unas ondulaciones topográficas erosionadas dejando aparecer en los suelos orgánicos negros las arcillas ocres traduciendo una fase tectónica reciente relacionada a la actividad de la Falla Septentrional ubicada más al Norte.

Esta familia de falla corresponde también al rumbo de la parte inferior de los arroyos Mal Nombre y Kenobi así que al rumbo de la parte superior del Río Camú en la Hoja. En esta sección del Río Camú se observa una disimetría de las riberas con una ribera derecha menos elevada y un desarrollo de lóbulos de derrame aluvial. Esta sección se caracteriza por un desarrollo de paleo meandros. Esta familia de falla esta paralela a la Zona de Falla Septentrional y esta relacionada con esta así como la elevación y ondulación topográfica de toda esta parte septentrional de la Hoja.

### 2.1.5. Interpretación de los datos de geofísica sísmica

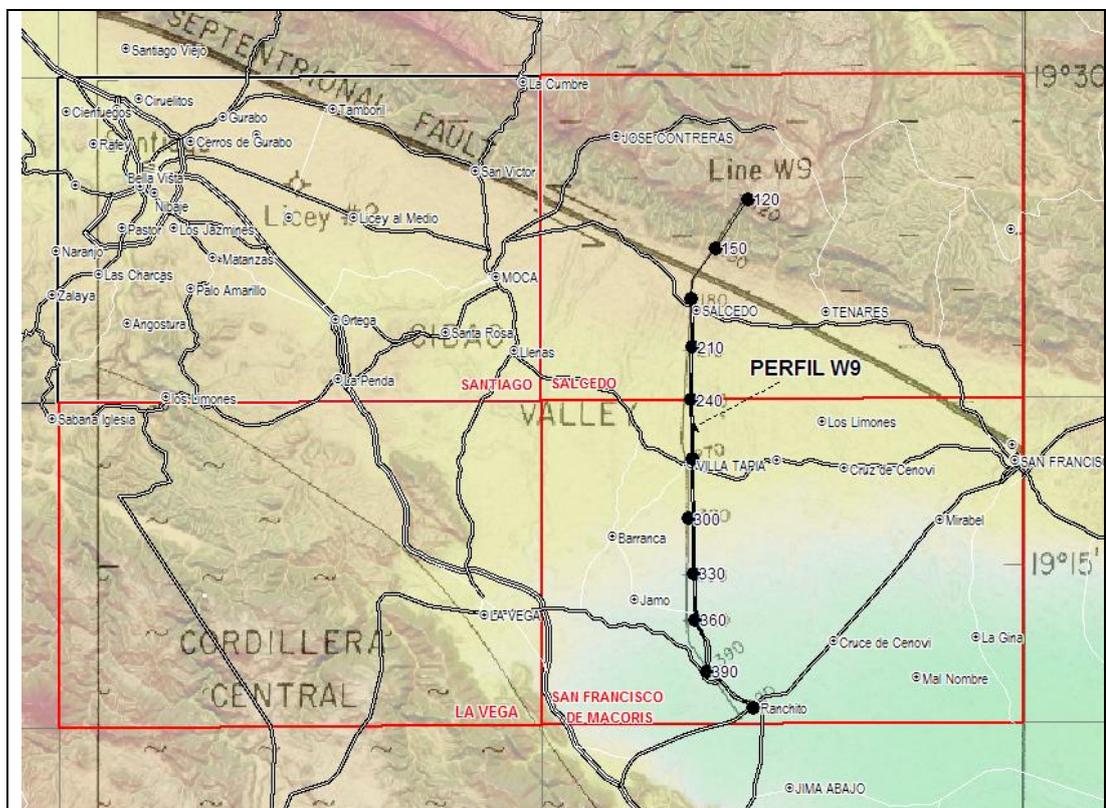


Fig. 73: Ubicación del perfil sísmico en el marco de las hojas Santiago, Salcedo, San Francisco de Macoris y la Vega

La compañía Weeks Petroleum realizó en los años 60 una campaña de perfiles sísmicos en la parte oriental del Valle del Cibao. Mann 1994 entrega el corte del Perfil 9 que se ubica en las hojas de San Francisco de Macorís y Salcedo (Fig. 73). Este Perfil permite evaluar la estructuración en profundidad de la Cuenca del Valle del Cibao (Fig. 74). Las unidades 1 y 2 definidas corresponderían respectivamente al Grupo Yaque y a las formaciones oligocenas infrayacentes en contacto discordante como observado en el sector de Baitoa.

El basamento correspondería a los esquistos de Amina Maimón aflorando más al sur en la hoja Fantino y posiblemente a unos intrusivos cretácicos

La unidad 1 correspondería al Grupo Yaque, la Formación Cercado incluyendo el Conglomerado Bulla, las formaciones Gurabo, Mao sobreyacidas por las Arcillas de Licey al Medio. Esta unidad se extendería del Mioceno medio al Pleistoceno. Descansa discordante sobre formaciones oligocenas correspondiendo en sector de Baitoa (zona de Santiago Jánico) a La Formación Jánico del Oligoceno al Mioceno inferior.

La unidad 2 correspondería a las formaciones Oligocenas o Mioceno Inferior infrayacentes. En el perfil W9 no se puede atribuir la unidad 2 a la Formación Jánico s.s. pero más probablemente a una formación estratificada de edad eocena a mioceno inferior

El basamento corresponde muy probablemente a la extensión por debajo estas formaciones estratificadas de los esquistos Amina Maimón visibles en las hojas Fantino al Sur y la Vega al Oeste .

La traza de la Falla Septentrional está ubicada al nivel del punto 150 y el perfil indica una extensión de los niveles undulados perteneciendo a la cuenca del Cibao por debajo al norte de la traza de superficie. Este criterio que tiene que ser comprobado con otros indica un juego inverso de las zonas de Fallas Septentrionales. Este movimiento se integra coherentemente al sistema de falla senestral en transpresión que caracteriza el sistema de la Falla Septentrional.

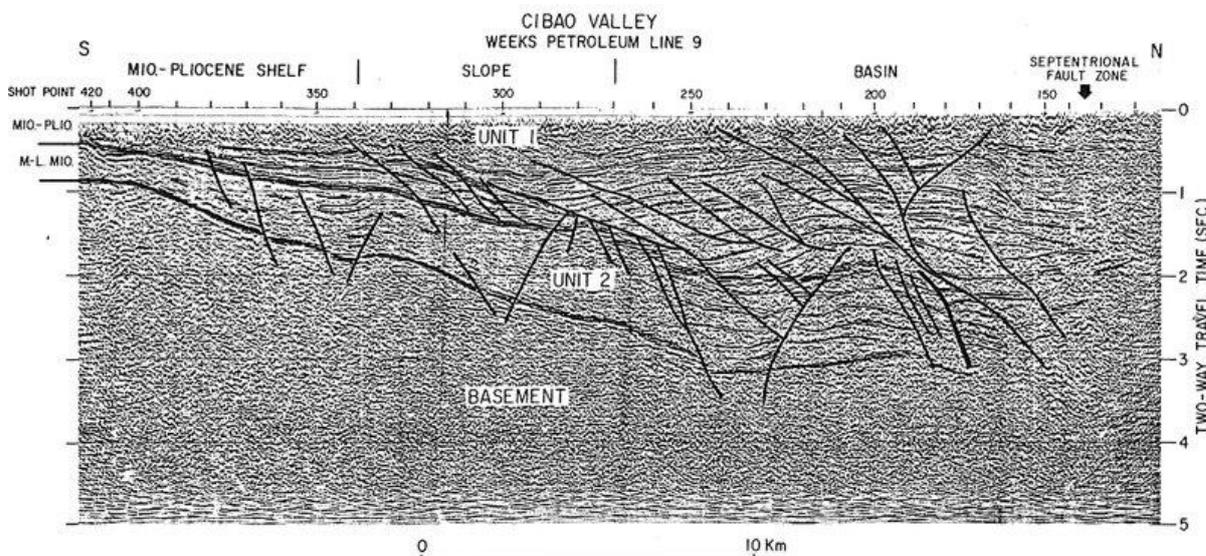


Figure 10. Weeks Petroleum seismic line W9 across the central Cibao Valley. The line starts in the Cordillera Septentrional and crosses the Septentrional fault at about shot point 135. The line was received with the anonymous interpretation shown. I agree with the basic interpretation but am not convinced that there are grounds for all the minor faulting indicated. For location, see Figure 9.

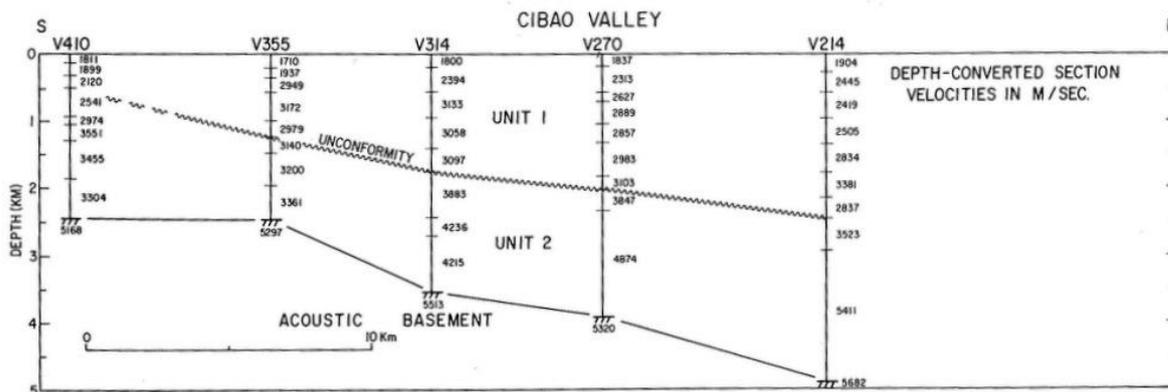


Figure 11. Depth section of Weeks Petroleum line W9. For location, see Figure 9.

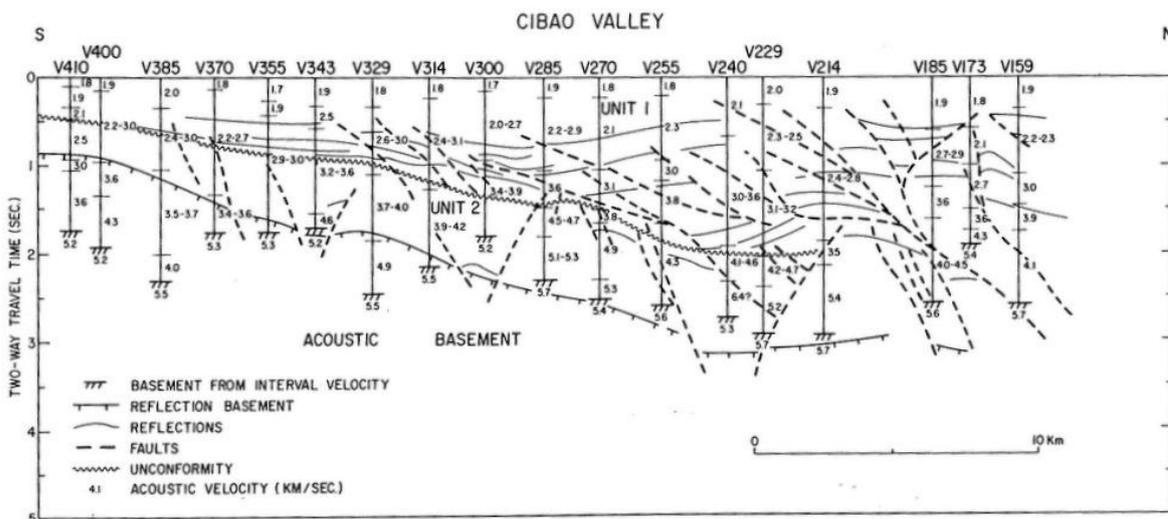


Figure 12. Eighteen velocity sections correlated to the major reflections in Weeks Petroleum line W9.

Fig. 74: Corte de sísmica reflexión del Perfil W9 de Weeks Petroleum y su interpretación por Weeks Petroleum (Mann)

1994)

### 3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

#### 3.1. Hidrogeología

##### 3.1.1. Climatología

La Hoja de San Francisco de Macorís se ubica en la parte oriental del Valle del Cibao entre las Cordilleras Oriental y Septentrional. Los principales datos climáticos de la zona han sido citados anteriormente detallando el contexto climatológico de la Zona

##### 3.1.2. Hidrografía

El marco hidrográfico de la zona ha sido descrito en el capítulo situación geográfica.

##### 3.1.3. Descripción hidrogeológica

A continuación están las principales características hidrogeológicas de las unidades cartografiadas tal como los acuíferos vinculados a las zonas de fallas principales. Se describen del Suroeste hacia el Noreste

Las margas de cuencas de la **Formación Gurabo** (Plioceno inferior-medio) con intercalaciones de siltitas calcáreas constituyen una pantalla hidrogeológica de permeabilidad muy baja a baja en las zonas de fracturación de las margas. Las margas afloran en El Río Licey en el límite occidental de la hoja y es probable que se prolonguen hacia el este debajo de la cobertura cuaternaria que ocupa una gran parte de la hoja.

Las **Calizas Coralinas de la Unidad Macorís**, (Mioceno medio y superior) se caracteriza por una permeabilidad alta por porosidad intergranular en las calizas bioclásticas. Esta unidad es poco representada en la hoja. Y no se conoce su extensión debajo de la Cobertura Cuaternaria.

La **Unidad Azlor** de composición areno-conglomerática constituye el acuífero más relevante en la hoja. La textura clastos-sostenida de los conglomerados le confiere una porosidad abierta alta favorecida por el porcentaje de matriz bajo. De lo observado, en los límites occidental y oriental de la hoja, este conglomerado extiende debajo de la cobertura de las Arcillas de Licey al Medio que lo sobreyace en gran parte de la superficie. Las zonas de

alimentación se ubican en el sector de la ciudad de San Francisco de Macorís y en las orillas del Río Lincey donde aflora en el Cauce. Este acuífero está bien conocido de las empresas locales de perforaciones que lo buscan para el abastecimiento en agua de uso agrícola en zonas sin aguas superficiales. Se estima la profundidad a entre 100 y 80 pies (31 a 25m) en la zona central y oriental de la hoja (comunicación personal). En las perforaciones, este acuífero sobreyace a una facies denominada “ pizarras azules” que corresponde a las margas probablemente de la Formación Gurabo no es productivo y constituyen el límite inferior del acuífero.



Fig. 75: Descripción hidrogeológica – Sondeo hidrogeológico en los conglomerados de Azlor infrayaciendo el glacis pastoso.

Camino de la Gina a la Guarana (Pimentel)- 32PU9752 - Lat.:19°22086 / Long.: -70°26878

Las **Arcillas de Lincey al Medio** constituyen una cobertura impermeable por la composición arcillosa. También el carácter expansivo de las arcillas les confiere una capacidad de retención y almacenamiento de las aguas superficiales. Esta capacidad de retención permite el desarrollo de vegetación y su calidad agrícola.

Las formaciones del **Cuaternario reciente** (Holoceno a Actual) constituidas los coluviones, los glaciares aluviales y abanicos de baja pendiente se caracterizan por una permeabilidad alta homogénea por porosidad intergranular. Los depósitos aluviales de la llanura aluvial y de inundación y de los aluviones de fondo de valle se caracterizan por una permeabilidad alta por porosidad intergranular heterogénea por la presencia de niveles limono arcillosos intercalados

### **3.2. Riesgos naturales**

En este capítulo se evoca brevemente los riesgos geológicos potenciales presentes en la hoja. Son de cuatro tipos principales

- el riesgo de erosión hídrica
- el riesgo de inundación
- el riesgo de deslizamientos en masas
- el riesgo sísmico y asociado

#### **3.2.1. Riesgo de erosión hídrica**

Las incisiones de la red hidrográfica en la cobertura de las Arcillas de Licey al Medio asociadas al potencial de expansión de dichas arcillas provocan una erosión fuerte estas arcillas blandas en las riberas de los arroyos particularmente en la parte Norte donde estos ríos y arroyos están más encajonados

#### **3.2.2. Riesgo de inundación**

En el marco de la hoja este riesgo es de dos tipos: el riesgo de inundación del Río Camú y de sus afluentes y el riesgo de inundación del Río Licey.

El riesgo de inundaciones es importante en la parte sur de la hoja como lo demuestra la extensión de la llanura de inundación. Estas inundaciones ocurren en temporadas de tormentas tropicales de Agosto a Noviembre. El año 2007 las tormentas Olga y Noel provocaron una pluviosidad importante y continua desde el 29 de octubre (Noel) al 12 de diciembre (Olga) en todo el Valle del Cibao.

Debido a la topografía suave en la hoja estas inundaciones pueden provocar cambios del cauce principal o flujo de alta energía en canales de trayectoria desconocida en esta zona de inundación.

El estrechamiento del valle del Río Camú entre La Tala - Maguey y Ranchito actúa como embudo provocando flujos de inundaciones de alta energía en el corredor como lo ocurrido durante con la Tormenta Olga (Fig. 76, Fig. 77 y Fig. 65 a Fig. 68).

El riesgo de inundación a lo largo de los cauces del Río Lacey o de los arroyos Bacuí, Cenoví y Jayas no tiene la relevancia del anterior. El riesgo ocurre cuando unos deslizamientos importante de las arcillas expansivas saturadas en agua constituyendo las riberas, tapan el curso del mismo río provocando una inundación de la parte alta, el desbordamiento del mismo río y una erosión fuerte de las riberas en la parte baja. Son inundaciones de poca amplitud. Sin embargo ocurren frecuentemente a lo largo de la red hidrográfica encajonada en las Arcillas de Lacey al Medio y dañan o destruyen a varias estructuras como los puentes o las viviendas establecidas en las riberas.



Fig. 76: Riesgos de inundación: Caso de daños ocurridos en Ranchito durante la crecida del río Camú durante la tormenta Olga en diciembre 2007.

Puente Río Camú en Ranchito - 32PU9565 - Lat.:19°17549 / Long.: -70°39068



Fig. 77: Riesgos de inundación: Caso de daños ocurridos en Ranchito durante la crecida del río Camú durante la tormenta Olga en diciembre 2007.

Calles de Ranchito - 32PU9566 - Lat.:19°17635 / Long.: -70°3906

### 3.2.3. Riesgos de deslizamientos de taludes

En la hoja este riesgo de deslizamientos corresponde a los deslizamientos de taludes en arcillas expansivas y se observa únicamente en la Unidad de Lacey al Medio constituido de arcillas expansivas con alto contenido en esméctitas medido hasta 60% en la zona de Santiago. Ocurren a lo largo de la red hidrográfica en caso de encajonamiento del cauce equivalente a 10 m y cuando la saturación en agua de estas arcillas le confiere un comportamiento plástico.

Están constituidos de masas lodosas que fluyan lentamente hasta tapan el cauce y provoca inundaciones aumentando la saturación de las arcillas. La red de carretera con cortes de taludes y drenajes laterales participa a la saturación de las arcillas. Contribuyen también los drenajes de agua pluviales. En las figuras siguientes se entregan diversas ilustraciones de los desordenes ocurridos durante las tormentas Noel y Olga (Fig. 82 a Fig. 83) así que imágenes de la evolución de estos daños de una tormenta a otra (Fig. 84).



Fig. 78: Riesgos de deslizamientos – Vista del comportamiento de los gaviones en los deslizamientos

Puente Río Licey en la Guama de Guanábao - 32PU9350 - Lat.:19°31546 / Long.: -70°49842



Fig. 79: Riesgos de deslizamientos Vista de la evolución de los daños ocurridos en la orilla derecha del Río Licey en la Guama de Guanábao entre la Tormenta Noel en Octubre 2007 y la tormenta Olga en Diciembre 2007

Puente Río Licey en la Guama de Guanábao - 32PU9350 - Lat.:19°31546 / Long.: -70°49842



Fig. 80: Riesgos de deslizamientos Vista de los deslizamientos ocurridos en Sabaneta en la orilla del Río Camu

Puente del Río Camú en carretera La Vega Villa tapia - 32PU9286 - Lat.:19°22552 / Long.: -70°47846

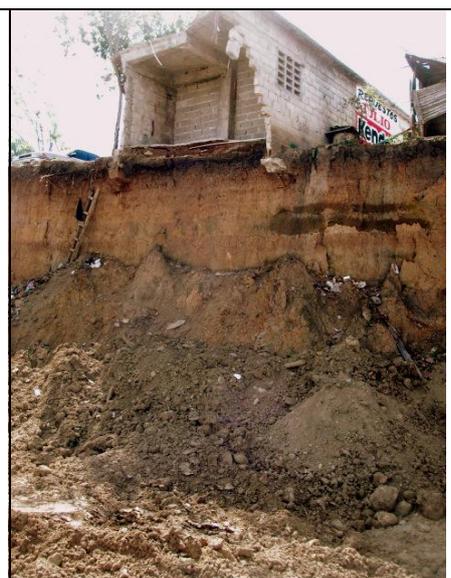


Fig. 81: Riesgos de deslizamientos Vista de los deslizamientos ocurridos en Sabaneta en la orilla del Río Camu

Puente del Río Camú en carretera La Vega Villa tapia - 32PU9286 - Lat.:19°22552 / Long.: -70°47846



Fig. 82: Riesgos de deslizamientos Carretera deslizada en la orilla del Río Camu en la Tala durante la tormenta Olga

Carretera de Maguey a la Tala - 32PU9513 - Lat.:19°19245 / Long.: -70°41106



Fig. 83: Riesgos de deslizamientos Puente destruido con un deslizamiento de la ribera derecha del Río Licey.

Puente Río Licey en la Guama de Guanábao - 32PU9350 - Lat.:19°31546 / Long.: -70°49842



Fig. 84: Riesgos de deslizamientos – Vista de la evolución de los daños ocurridos en la orilla derecha del Río Licey en la Guama de Guanábao entre la Tormenta Noel en Octubre 2007 y la tormenta Olga en Diciembre 2007

Puente Río Licey en la Guama de Guanábao - 32PU9350 - Lat.:19°31546 / Long.: -70°49842

### 3.2.4. Riesgo sísmico y asociado

El Valle del Cibao tiene una historia ligada a sismos fuertes registrados en la época histórica

La hoja contiene solamente un epicentro con magnitud y profundidad desconocida. Registrado en el año 1783, podría corresponder al sismo que destruyó Santiago. El epicentro se ubica en el sector de Villa Tapia al Norte de la Hoja (Fig. 85). En el entorno de la hoja se ubican numerosos epicentros particularmente en el sector de Moca y en una línea orientada NO-SE atravesando las hojas de Fantino y La Vega.

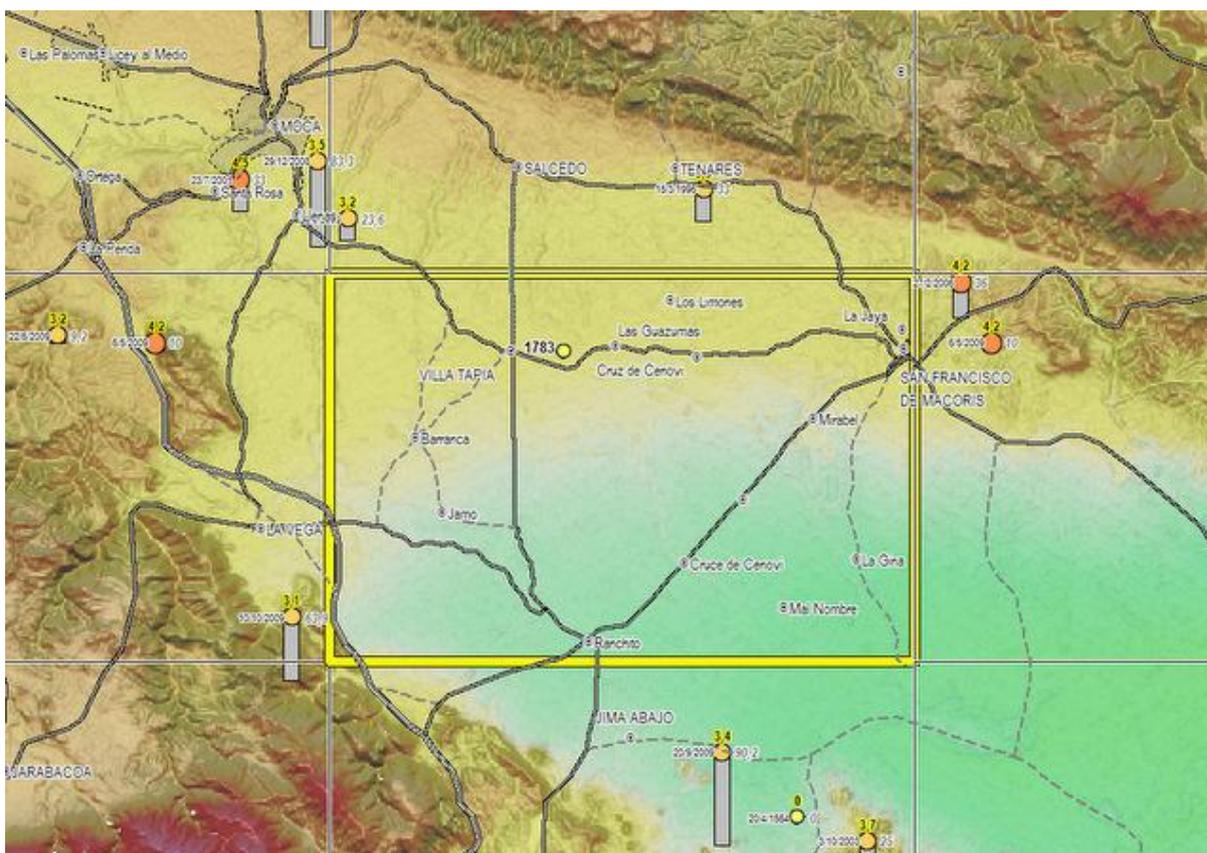


Fig. 85: Ubicación de los epicentros de los sismos recientes e históricos con fecha, magnitud Richter y profundidades en la hoja de San Francisco y las hojas adyacentes con el modelo numérico de Terreno (SRTM)

### 3.3. Recursos minerales

#### 3.3.1. Generalidades

No se conocen indicios metálicos en la Hoja de San Francisco. Los indicios de recursos no metálicos se limitan a 6 canteras intermitentes o abandonadas los sectores Suroeste Noreste de la hoja.

Las ubicaciones y las características de estos indicios aparecen en la Fig. 86

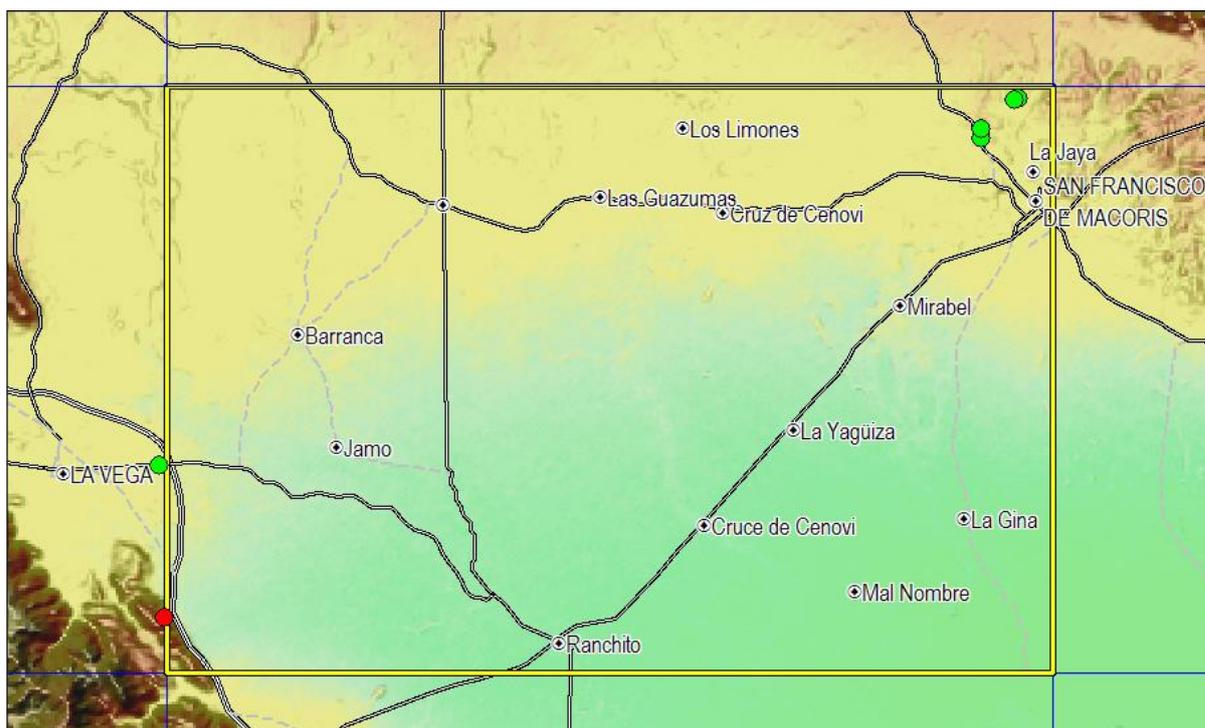


Fig. 86: Esquema de ubicación de los indicios en el marco de la hoja (Rojo: cantera activa – verde: canteras inactivas)

LAT WGS84	LONG WGS84	Elevación	Identificación	Tipo de indicio	Descripción
19,32996	-70,25964	150	32PU9055	Cantera inactiva al oeste de carretera	Extracción de arenas y gravas en lentes naranjas métricas de conglomerado polimictico homométrico cm a semi dm clasificados y no clasificados con cantos cm a dm de volcanitas ( Cp Pedro García) andesitas brechas cuarzoso calizas finas beige marrón
19,32961	-70,26065	145	32PU9056	Cantera inactiva al oeste de carretera	Extracción de arenas y gravas en lentes naranjas métricas de conglomerado polimictico homométrico cm clasificados y no clasificados con cantos cm a dm de volcanitas (Cp Pedro García) andesitas brechas cuarzoso calizas finas beige marrón.
19,31890	-70,27032	150	32PU9058	Carretera a Tenares	Zona de canteras antiguas en la meseta de conglomerado naranja terrígeno clasificado con matriz arcillosa y tramos arcillosos verdosos naranjos .
19,32151	-70,27025	147	32PU9059	carretera Tenares	Extracción de arenas y gravas en la meseta de conglomerado naranja terrígeno clasificado con matriz arcillosa con tramos arcillosos verdosos naranjos
19,22590	-70,50240	98	32PU9552	Camino saliendo de la Vega al Este	canteras antiguas de extracción de arena de los abanicos del río Camu
19,18250	-70,50080	109	32PU9554	Cantera intermitente en coluviones al oeste de la Autopista	Extracción de gravas y bloques en coluviones de roca ultramáfica serpentinizada densa de color pardo morado oscuro a beige verdosa o roja cuando meteorizada aspecto laminado por falla con planos talcosos

Fig. 87: Tabla de descripción de los indicios en la hoja

### 3.3.2. Arenas y gravas

En la cantera intermitente (32PU9554) se extrae material para relleno de carretera en la peridotitas de Loma Caribe en Pontón las inmediaciones de l'Autopista Duarte.

Las demás canteras ubicadas en las al Norte de la ciudad de San Francisco son abandonadas y extraían material arenoso o gravas para la construcción o el relleno. Se ubican en la Unidad Azlor conglomerática arenosa.

Explotaciones de arenas existen en los cauces de los ríos Licey, Camú y Jaya. Son explotaciones temporales y muy móviles . Se han observado especialmente en el Río Licey y Camú río arriba y abajo de la confluencia de ambos arroyos Se observan también en el Río Jaya en su cauce a la llegada en la llanura.



Fig. 88: Recursos no metálicos: Explotación de los niveles arenosos en el Cauce del Río Licey.

Camino hacia Licey Abajo desde las Yayas - 32PU9323 -  
Lat.:19°2746 / Long.: -70°49644 Long.: -70°37301



Fig. 89: Recursos no metálicos: Explotación de los niveles arenosos en el cauce del Río Jaya

Vado río Jaya en el camino de Mirabel a Hatillo - 32PU9228  
- Lat.:19°27697 / Long.: -70°30145

### 3.3.3. Arcillas

En la Hoja Santiago, los estudios espectrométricos de tres muestras de las arcillas de la Unidad De Licey al Medio revelan un alto contenido en esméctitas (50 a 23%) tal como en yeso y carbonatos. Se debe considerar este potencial de arcillas expansivas en la presente hoja aun que los suelos desarrollados encima de estas arcillas estén intensamente valorizados por la actividad agrícola.



25PU9496 Lat.:19°34723/Long.: -70°58396



25PU9064 Lat.:19°39447/Long.: -70°70413

Fig. 90: Vista de las canteras artesanales de extracción de arenas y gravas de la Formación Mao en Romero (25PU9496) y la Noriega (25PU9064)

### 3.3.4. Hidrocarburos

En los años sesenta un pozo para hidrocarburos denominado Licey al Medio No.1 fue perforado hasta 3 666m de profundidad al Sureste de Licey al Medio por la compañía H.S. Cole Jr. & Son. En el sitio, próximo al poblado de Licey, no se encuentran trazas de los trabajos. El corte geológico así como los resultados no son disponibles.

## 4. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO (L.I.G.)

Son todos aquellos lugares o puntos concretos con características peculiares relacionadas con la geología, especialmente los 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. En La hoja de San Francisco no existen Lugares de Interés Geológicos en si mismo el principal interés en la hoja sería las consecuencias y las interacciones de las facies de arcillas expansivas en caso de pluviosidad abundantes.

## 5. BIBLIOGRAFIA

**Altamimi, Z., Sillard, P. & Boucher, C.**, 2002. ITRF2000: a new release of the international terrestrial reference frame for earth science applications, *J. geophys. Res.*, **107**, 2214, doi: 10.1029/2001JB000561.

**Ave Lallemand, H.G. & Oldow, J.S.**, 2000. Active displacement partitioning and arc-parallel extension of the Aleutian volcanic arc based on Global Positioning System geodesy and kinematic analysis, *Geology*, **28**, 739– 742.

**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.

**BATTLE, O. F. & PENA L. R.**, 2003. Recopilación - Evaluación de los Datos Geológicos-Geotécnicos y Reconocimiento Geológico Superficial de la Zona Urbana de Santiago de los Caballeros Para La Preparación de Mapas de Amenazas Geológicas Sísmicas. *Ayuntamiento Municipal de Santiago*, 52, p. 1-52.

**Beck, M.E.**, 1983. On the mechanism of tectonic transport in zones of oblique subduction, *Tectonophysics*, **93**, 1–11.

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

**Bernard, P. & Lambert, J.**, 1988. Subduction and seismic hazard in the northern Lesser Antilles: revision of the historical seismicity, *Bull. seism. Soc. Am.*, **78**, 1965–1983.

**BOISSEAU, M.**, 1987. Le Flanc Nord-Est De La Cordillere Centrale Dominicaine (Española, Grandes Antilles): Un Edifice De Nappes Cretace Polyphase. Doctorat d'Etat. Université de Paris VI. p. -214.

**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.

**Bowman, D., King, G. & Tapponnier, P.**, 2003. Slip partitioning by elastoplastic propagation of oblique slip at depth, *Science*, **300**, 1121– 1123.

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

**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.

**BYRNE, D. B., SUAREZ, G. & MCCANN, W. R.**, 1985. Muertos Trough subduction; microplate tectonics in the northern Caribbean? *Nature (London)*, 317, p. 420-421.

**Byrne, D.B., Suarez, G. & McCann, W.R.**, 1985. Muertos Trough subduction–microplate tectonics in the northern Caribbean? *Nature*, 317, 420–421.

**Calais, E. & Mercier de Lepinay, B.**, 1991. From transtension to transpression along the northern margin of the Caribbean plate off Cuba: implications for the recent motion of the Caribbean plate, *Tectonophysics*, 186, 329–350.

**CALAIS, E. & MERCIER DE LEPINAY, B.**, 1995. Strike-slip tectonic processes in the northern Caribbean between Cuba and Española (Windward Passage). *Marine Geophysical Researches*, 17, p. 63-95.

**Calais, E., Bethoux, N. & Mercier de Lepinay, B.**, 1992. From transcurrent faulting to frontal subduction: a seismotectonic study of the northern Caribbean plate boundary from Cuba to Puerto Rico, *Tectonics*, 11, 114– 123.

**Calais, E., Han, J.Y., DeMets, C. & Nocquet, J.M.**, 2006. Deformation of the North American plate interior from a decade of continuous GPS measurements, *J. geophys. Res.*, 111, B06402, doi:10.1029/2005JB004253.

**Calais, E., Mazabraud, Y., Mercier de Lepinay, B. & Mann, P.**, 2002. Strain partitioning and fault slip rates in the northeastern Caribbean from GPS measurements, *Geophys. Res. Lett.*, 29, 1856–1859.

**Calais, E., Perrot, J. & Mercier de Lepinay, B.**, 1998. Strike-slip tectonics and seismicity along the northern Caribbean plate boundary from Cuba to Española, in *Active Strike-slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone*, Vol. 326, pp. 125–142, eds Dolan, J.F. & Mann, P., Geol. Soc. Am. Spec. Paper.

**Capitulo de Riesgo CODIA- Regional Norte Santiago.**, Octubre 16 2003 Evaluación post sismo Magnitud de 6.5 Escala de Richter ocurrido en la Republica Dominicana el 22 de Septiembre del 2003 – Lecciones aprendidas 71, p. 1-71.

**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), D Servicio Geológico Nacional. Santo Domingo.

**Chemenda, A., Lallemand, S. & Bokun, A.**, 2000. Strain partitioning and interplate friction in oblique subduction zones: constraints provided by experimental modeling, *J. geophys. Res.*, 105, 5567–5581.

**Christeson, G.L., Bangs, N.L. & Shipley, T.H.**, 2003. Deep structure of an island arc backstop, Lesser Antilles subduction zone, *J. geophys. Res.*, 104, doi:10.1029/2002JB002243.

**Cloos, M.**, 1992. Thrust-type subduction-zone earthquakes and seamount asperities - A physical model for seismic rupture, *Geology*, 20, 601–604.

**COLEMAN, A. J. & WINSLOW, M. A.**, 2002. Tertiary tectonics of the Española fault zone in the Northwestern Piedmont of the Cordillera Central, Dominican Republic. *Transactions of the Caribbean Geological Conference = Memorias - Conferencia Geologica del Caribe*, 15, p. 73-86.

**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), United Kingdom (GBR)

**DE ZOETEN, R. & MANN, P.**, 1991. Structural geology and Cenozoic tectonic history of the central Cordillera Septentrional, Dominican Republic. In: *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean Plate boundary in Española. Special Paper - Geological Society of America*, 262, p. 265-279.

**DE ZOETEN, R. & MANN, P.**, 1999. Cenozoic El Mamey Group of northern Española; a sedimentary record of subduction, collisional and strike-slip events within the North America-Caribbean Plate boundary zone; Caribbean basins. *Sedimentary Basins of the World*, 4, p. 247-286.

**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.

**DeMets, C. & Wiggins-Grandison, M.**, 2007. Deformation of Jamaica and motion of the Gonave microplate from GPS and seismic data, *Geophys. J. Int.*, **168**, 362–378.

**DeMets, C.**, 2001. A new estimate for present-day Cocos-Caribbean plate motion: implications for slip along the Central American volcanic arc, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 4043–4046.

**DeMets, C., Jansma, P.E., Mattioli, G.S., Dixon, T.H., Farina, F., Bilham, R., Calais, E. & Mann, P.**, 2000. GPS geodetic constraints on Caribbean- North America plate motion, *Geophys. Res. Lett.*, **27**, 437–440.

**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.

**Dieterich, J.H.**, 1978. Time-dependent friction and the mechanics of stickslip, *Pure appl. Geophys.*, **116**, 4–5.

**Dillon, W.P., Austin, J.A., Scanlon, K.M., Edgar, N.T. & Parson, L.M.**, 1992. Accretionary margin of north-western Española: morphology, structure, and development of the northern Caribbean plate boundary, *Mar. Petrol. Geol.*, **9**, 70–92.

**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.

**DOLAN, J., MANN, P., DE ZOETEN, R., HEUBECK, C., SHIROMA, J. & MONECHI, S.**, 1991. Sedimentologic, stratigraphic, and tectonic synthesis of Eocene-Miocene sedimentary basins, Española and Puerto Rico. *Special Paper Geological Society of America*, 262, p. 217-263.

**Dolan, J.F. & Bowman, D.D.**, 2004. Tectonic and seismologic setting of the 22 September 2003, Puerto Plata, Dominican Republic earthquake: implications for earthquake hazard in northern Española, *Seism. Res. Lett.*, **75**, 587–597.

**Dolan, J.F. & Wald, D.J.**, 1998. The 1943–1953 north-central Caribbean earthquakes: active tectonic setting, seismic hazards, and implications for Caribbean-North America plate motions, in *Active Strike-slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone*, Vol. 326, pp. 143–170, eds Dolan, J.F. & Mann, P., Geol. Soc. Am. Spec. Paper.

**Dolan, J.F., Mullins, H.T. & Wald, D.J.**, 1998. Active tectonics of the northcentral Caribbean: oblique collision, strain partitioning, and opposing subducted slabs, in *Active Strike-slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone*, Vol. 326, pp. 1–62, eds Dolan, J.F. & Mann, P., Geol. Soc. Am. Spec. Paper.

**DRAPER, G. & GUTIERREZ, G.**, 1997. La estructura del Cinturón de Maimón en la isla de Española y sus implicaciones geodinámicas. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 10, p. 299.

**DRAPER, G. & LEWIS, J. F.**, 1980. Petrology, deformation and tectonic significance of the Ámina Schist, northern Dominican Republic. *Transactions of the Caribbean Geological Conference = Memorias - Conferencia Geologica del Caribe*, 9, p. 53-64.

**DRAPER, G. & LEWIS, J. F.**, 1991a. Geologic map of the central Dominican Republic. In: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean Plate boundary in Española. *Special Paper - Geological Society of America*, 262,

**DRAPER, G. & LEWIS, J. F.**, 1991b. Metamorphic belts in central Española. *Special Paper Geological Society of America*, 262, p. 29-45.

**DRAPER, G., GUTIERREZ, G. & LEWIS, J. F.**, 1996. Thrust emplacement of the Española peridotite belt; orogenic expression of the Mid-Cretaceous Caribbean arc polarity reversal? *Geology (Boulder)*, 24, p. 1143-1146.

**DRAPER, G., GUTIERREZ, G., & LEWIS, J.**, 1995. Thrust Deformation in the Maimón and Los Ranchos formations. Central Española: Evidence for early Cretaceous ophiolites emplacement. Port of Spain, Trinidad Tobago. *Transactions, 14th Caribbean Geological Conference*.

**Ducoudray, Félix Servio**, 1924 -1989 La naturaleza dominicana : artículos publicados en el suplemento sabatino del periódico El Caribe, 1978-1989 / Félix Servio Ducoudray; editores Arístides Incháustegui, Blanca Colección Centenario Grupo León Jimenes, 2006.

**EBERLE, W. & MOLLAT, H.**, 1991. Mapa geológico de la Republica Dominicana a escala 1: 250.000. Santo Domingo, Republica Dominicana, Dirección General De La Minería.

**EDGAR, N. T.**, 1991. Structure and geologic development of the Cibao Valley, northern Española. *Special Paper Geological Society of America*, 262, p. 281-299.

**ERIKSON, J. P., PINDELL, J. L., KARNER, G. D., SONDER, L. J., FULLER, E. Y. & DENT, L.**, 1998. Neogene Sedimentation and Tectonics in the Cibao Basin and Northern Española: An Example of Basin Evolution near a Strike-Slip-Dominated Plate Boundary. *Journal of Geology*, 106, p. 473-494.

**ESCUDE VIRUETE, J.**, 2004. 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.

**EVANS, B. W.**, 1990. Phase relations of epidote-blueschists. *Lithos*, 25, p. 3-23.

**Fitch, T.J.**, 1972. Plate convergence, transcurrent faults and internal deformation adjacent to southeast Asia and the western Pacific, *J. geophys. Res.*, **77**, 4432–4460.

**GABB, W. M.**, 1873. On the topography and geology of Santo Domingo. *American Philosophical Society Transactions, new ser.*, 15, p. 49-259.

**GONZALES DE VALLEJO, L.**, 1980. Fallas activas y sus implicaciones en la ingeniería. Active faults and their implications for engineering; Anales del IV congreso peruano de geología; Parte VI. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 65, p. 99-103.

**Grindlay, N.R., Abrams, L.J., Del Greco, L. & Mann, P.**, 2005a. Toward an integrated understanding of Holocene fault activity in western Puerto Rico: constraints from high-resolution seismic and sidescan sonar data, in *Active Tectonics and Seismic Hazards of Puerto Rico, the Virgin Islands, and Offshore Areas*, Vol. 385, pp. 139–160, ed. Mann, P., Geol. Soc. Am. Spec. Paper.

**Grindlay, N.R., Mann, P., Dolan, J.F. & van Gestel, J.P.**, 2005b. Neotectonics and subsidence of the northern Puerto Rico-Virgin Islands margin in response to the oblique subduction of high-standing ridges, in *Active Tectonics and Seismic Hazards of Puerto Rico, the Virgin Islands, and Offshore Areas*, Vol. 385, pp. 31–60, ed. Mann, P., Geol. Soc. Am. Spec. Paper.

**Grindlay, N.R., Mann, P.s. & Dolan, J.**, 1997. Researchers investigate submarine faults north of Puerto Rico, *Eos (Transactions)*, **78**, 404p.

**HANMER, S. & PASSCHIER, C.**, 1991. Shear-sense indicators: a review. *Geological Survey of Canada*, 90-17, p. 1-72.

**Harper E.M. and Morton B** 2004 Tube construction in the watering pot shell *Brechites Vaginiferus* (Bivalvia; Anomalodesmata; Clavagelloidea) *Acta Zoologica* (Stockholm) 85: 149–161 (July 2004)

**HENEKEN, J. S.**, 1853. On some Tertiary deposits in San Domingo with notes on the fossil shells by J.C. Moore, Esq. F.G.S.; and on the fossil corals, by Lonsdale, Esq., F.G.S. *Geological Society of London, Quaterly Journal*, 9, p. 115-134.

**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.

**HORAN, S.**, 1995. The geochemistry and tectonic significance of the Maimon-Ámina schists, Cordillera Central, Dominican Republic. Unpublished MsC Thesis. Univ. of Florida, Gainesville. p. 1-172.

**Huerfano, V., von Hillebrandt-Andrade, C. & Bez-Sanchez, G.**, 2005. Microseismic activity reveals two stress regimes in southwestern Puerto Rico, in *Active Tectonics and Seismic Hazards of Puerto Rico, the Virgin Islands, and Offshore Areas*, Vol. 385, pp. 81–101, ed. Mann, P., Geol. Soc. Am. Spec. Paper.

**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.

**Hyndman, R.D. & Wang, K.J.**, 1993. Thermal constraints on the zone of major thrust earthquake failure: The Cascadia subduction zone, *J. geophys. Res.*, **98**, 2039–2060.

**Jansma, P.E. & Mattioli, G.S.**, 2005. GPS results from Puerto Rico and the Virgin Islands: constraints on tectonic setting and rates of active faulting, in *Active Tectonics and Seismic Hazards of Puerto Rico, the Virgin Islands, and Offshore Areas*, Vol. 385, pp. 13–30, ed. Mann, P., Geol. Soc. Am. Spec. Paper.

Jansma, P.E., Mattioli, G.S., Lopez, A., DeMets, C., Dixon, T.H., Mann, P. & Calais, E., 2000. Neotectonics of Puerto Rico and the Virgin Islands, northeastern Caribbean, from GPS geodesy, *Tectonics*, **19**, 1021– 1037.

**Jany, I., Mauffret, A., Bouysse, P., Mascle, A., Mercier de Lepinay, B., Renard, V. & Stephan, J.F.**, 1987. Relevé bathymétrique Seabeam et tectonique en décrochement au sud des Iles Vierges [Nord-Est Caraïbes], *C.R. Acad. Sci. Paris*, **304**(Ser. II), 527–532.

**Jany, I., Scanlon, K.M. & Mauffret, A.**, 1990. Geological interpretation of combined Seabeam, GLORIA and seismic data from Anegada Passage (Virgin Islands, North Caribbean), *Mar. Geophys. Res.*, **12**, 173– 196.

**Jarrard, R.D.**, 1986. Relations among subduction parameters, *J. geophys. Res.*, **24**, 217– 284.

**JENSEN, L. S.**, 1976. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. *Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper*, p. 22.

**Kanamori, H.**, 1983. Global Seismicity, in *Earthquakes: Observation, theory and interpretation*, eds Kanamori, H.&Bosch, E., pp. 597, North Holland, New York.

**KESLER, S. E., RUSSELL, N., REYES, C., SANTOS, L., RODRIGUEZ, A. & FONDEUR, L.**, 1991. Geology of the Maimon Formation, Dominican Republic. In: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean Plate boundary in Española. *Special Paper - Geological Society of America*, 262, p. 173-185.

**La Femina, P.C., Dixon, T.H. & Strauch, W.**, 2002. Bookshelf faulting in Nicaragua, *Geology*, **30**, 751–754.

**LaForge, R.C. & McCann, W.R.**, 2005. A seismic source model for Puerto Rico, for use in probabilistic ground motion hazard analyses, in *Active Tectonics and Seismic Hazards of Puerto Rico, the Virgin Islands, and Offshore Areas*, Vol. 385, pp. 223–248, ed. Mann, P., Geol. Soc. Am. Spec. Paper.

**LEWIS, J. F., ESCUDER VIRUETE, J., HERNÁIZ 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., PERFIT, M., HORAN, S. & DIAZ DE VILLALVILLA, L.**, 1995. Geochemistry and petrologic 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.

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

**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.

**LONSDALE, W.**, 1853. Notes on the fossil corals of San Domingo. En: Heneken, J.S. On some Tertiary deposits in San Domingo. *Geological Society of London, Quarterly Journal*, **9**, p. 132-134.

**Lopez, A.M., Stein, S., Dixon, T., Sella, G., Calais, E., Jansma, P., Weber, J. & LaFemina, P.**, 2006. Is there a northern Lesser Antilles forearc block? *Geophys. Res. Lett.*, **33**, doi:10.1029/2005GL025293. Mann, P. & Burke, K., 1984. Neotectonics of the Caribbean, *Rev. Geophys.*, **22**, 309–362.

**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.

**Mann, P., Calais, E., Ruegg, J.C., DeMets, C., Jansma, P.E. & Mattioli, G.S.**, 2002. Oblique collision in the northeastern Caribbean from GPS measurements and geological observations, *Tectonics*, 21, 1057–1082.

**MANN, P., DRAPER, G. & LEWIS, J. F.**, 1991a. Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean Plate boundary in Española; preface. *Special Paper Geological Society of America*, 262, p. vii-xvii.

**Mann, P., Grindlay, N.R. & Dolan, J.F.**, 1999. Penrose conference report: subduction to strike-slip transition on plate boundaries, *GSA Today*, 9, 14–16.

**Mann, P., Hippolyte, J.C., Grindlay, N.R. & Abrams, L.J.**, 2005a. Neotectonics of southern Puerto Rico and its offshore margin, in *Active Tectonics and Seismic Hazards of Puerto Rico, the Virgin Islands, and Offshore Areas*, Vol. 385, pp. 173–214, ed. Mann, P., Geol. Soc. Am. Spec. Paper.

**MANN, P., MCLAUGHLIN, P. P. & COOPER, C.**, 1991b. Geology of the Azua and Enriquillo basins, Dominican Republic; 2, Structure and tectonics. In: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean Plate boundary in Española. *Special Paper - Geological Society of America*, 262, p. 367-389.

**Mann, P., Prentice, C.S., Burr, G., Pea, L.R. & Taylor, F.W.**, 1998. Tectonic geomorphology and paleoseismology of the Septentrional fault system, *Bull. seism. Soc. Am.*, 103, 144–154.

**Mann, P., Prentice, C.S., Hippolyte, J.C., Grindlay, N.R., Abrams, L.J. & La-Davila, D.**, 2005b. Reconnaissance study of Late Quaternary faulting along Cerro Goden fault zone, western Puerto Rico, in *Active Tectonics and Seismic Hazards of Puerto Rico, the Virgin Islands, and Offshore Areas*, Vol. 385, pp. 115–138, ed. Mann, P., Geol. Soc. Am. Spec. Paper.

**MANN, P., TAYLOR, F. W., EDWARDS, R. L. & KU, T. L.**, 1995. Actively evolving microplate formation by oblique collision and sideways motion along strike-slip faults; an example from the northeastern Caribbean Plate margin. *Tectonophysics*, 246, p. 1-69. time dependent variations in source properties of repeating earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 3095–3098.

**Masson, D. & Scanlon, K.**, 1991. The Neotectonic setting of Puerto Rico, Feuillet, N., Manighetti, I., Tapponnier, P. & Jacques, E., 2002. Arc parallel extension and localization of volcanic complexes in Guadeloupe, Lesser Antilles, *J. geophys. Res.*, 107, doi:10.1029/001JB000308.

**MASSON, D. G. & SCANLON, K. M.**, 1991. The neotectonic setting of Puerto Rico. *Geological Society of America Bulletin*, 103, p. 144-154.

**Mauffret, A. & Leroy, S.**, 1999. Neogene intraplate deformation of the Caribbean plate at the Beata Ridge, in *Caribbean Basins*, Vol. 4: Sedimentary Basins of the World, pp. 667–669, ed. Mann, P., Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.

**MAURY, C. J.**, 1917a. Santo Domingo type sections and fossils Pt.1. *Bulletins of American Paleontology*, 5, p. 1-251.

**MAURY, C. J.**, 1917b. Santo Domingo type sections and fossils Pt.1. *Bulletins of American Paleontology*, 30, p. 1-43.

**MAURY, C. J.**, 1919. A proposal of two new Miocene formational names. *Science (N.S.)*, 50, p. 591.

**MAURY, C. J.**, 1922. The recent Arcas of the Panamic Province. *Paeontographica Americana*, 4, p. 163-208.

**MAURY, C. J.**, 1929. Porto Rican and Dominican stratigraphy. *Science (N.S.)*, 70, p. 609.

**MAURY, C. J.**, 1931. Two new Dominican formational names. *Science (N.S.)*, 73, p. 42-43.

**McCaffrey, R.**, 1991. Slip vectors and stretching of the Sumatra fore arc, *Geology*, **19**, 881–884.

**McCaffrey, R.**, 1992. Oblique plate convergence, slip vectors, and forearc deformation, *J. geophys. Res.*, **97**, 11 953–11 966.

**McCaffrey, R.**, 1993. On the role of the upper plate in great subduction zone earthquakes, *J. geophys. Res.*, **98**, 11953–11966.

**McCaffrey, R.**, 2002. Crustal block rotations and plate coupling, in *Plate Boundary Zones*, Vol. 30: Geodynamics series, pp. 101–122, eds Stein, S. & Freymueller, J.T., American Geophysical Union.

**McCaffrey, R.**, 2005. Block kinematics of the Pacific-North America plate boundary in the southwestern United States from inversion of GPS, seismological, and geologic data, *J. geophys. Res.*, **110**, doi:10.1029/ 2004JB003307.

**McCann, W.R. & Sykes, L.R.**, 1984. Subduction of aseismic ridges beneath the Caribbean plate: implications for the tectonics and seismic potential of the northeastern Caribbean, *J. geophys. Res.*, **89**, 4493–4519.

**MCCLAY, K.R.**, 1992. Glossary of thrust tectonics terms. En: McClay K. R. ed. Thrust tectonics, Chapman and Hall. p. 419-434.

**MERCIER DE LEPINAY, B.**, 1987. L'évolution géologique de la bordure Nord-Caraïbe: L'exemple de la transversale de l'île d'Española (Grandes Antilles). Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie. p. 1-378.

**Molnar, P. & Sykes, L.R.**, 1969. Tectonics of the Caribbean and middle America regions from focal mechanisms and seismicity, *Bull. seism. Soc. Am.*, **80**, 1639–1684.

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

**Okada, Y.**, 1992. Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. seism. Soc. Am.*, **82**, 1018–1040.

**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. Española; tectonic focal point of the northern Caribbean; three geologic studies in the Dominican Republic, Miami Geol. Soc., Miami, Fla., United States (USA), United States (USA)

**PARDO, G.**, 1975. Geology of Cuba. En: Nairn and Stehli F. eds. The Ocean Basins and Margins,

**PASSCHIER, C. W. & TROUW, R. A. J.**, 1996. Microtectonics. Springer-Verlag, Berlin, Federal Republic of Germany (DEU), Federal Republic of Germany (DEU).

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

**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.

**PILSBURY, H. A. & JOHNSON, C. W.**, 1917. New Mollusca of the Santo Domingan Oligocene. *Academy Natural Science Philadelphia, Proceedings*, **69**, p. 150-202.

**PILSBURY, H. A.**, 1922. Revision of W.M. Gabb's Tertiary Mollusca of Santo Domingo. *Academy Natural Science Philadelphia, Proceedings*, **73**, p. 305-435.

**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)

**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.

**PLATT, J. P. & VISSERS, R. L. M.**, 1980. Extensional structures in anisotropic rocks. *Journal of Structural Geology*, **2**, p. 397-410.

- Pollitz, F.F. & Dixon, T.H.**, 1998. GPS measurements across the northern Caribbean plate boundary zone: impact of postseismic relaxation following historic earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 2233–2236.
- Prawirodirdjo, L. et al.**, 1997. Geodetic observations of interseismic strain segmentation at the Sumatra subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, **24**, 2601–2604.
- Prentice, C.S., Mann, P., Pea, L.R. & Burr, G.**, 2003. Slip rate and earthquake recurrence along the central Septentrional fault, North American-Caribbean plate boundary, Dominican Republic, *J. geophys. Res.*, 108, doi:10.129/2001JB000442.
- Prentice, C.S., Mann, P., Taylor, F.W., Burr, G. & Valastro, S.**, 1993. Paleoseismicity of the North American-Caribbean plate boundary (Septentrional fault), Dominican Republic, *Geology*, **21**, 49–52.
- Rabinowicz, E.**, 1951. The nature of the static and kinetic coefficients of friction, *J. appl. Phys.*, **22**, 131–135.
- Rabinowicz, E.**, 1958. The intrinsic variables affecting the stick-slip process, in *Proceedings of the Physical Society*, **71**, 668–675, doi: 10.1088/0370-1328/71/4/316.
- Ramirez W.R, Johnson C.C, Martinez M, Torres M.C, Ortiz V.** Strontium isotope stratigraphy from *Kuphus incrassatus*, Cretaceous limestones, Puerto Rico. *Geol. Soc. Am. Abstr. Prog.* 2006;38:90.
- RAMÍREZ, Wilson R.1, et al** STRONTIUM ISOTOPE STRATIGRAPHY FROM KUPHUS INCRASSATUS, CENOZOIC LIMESTONES, PUERTO RICO ., University of Puerto Rico, Mayaguez, P.O. Box 9017, Mayaguez, PR 0068
- Rice, J.R.**, 1992. Fault stress states, pore pressure distributions, and the weakness of the San Andreas Fault, in *Fault mechanics and transport properties of rocks; a festschrift in honor of W.F. Brace*, eds Evans, B. & Wong, T., Academic Press, San Diego, CA, USA, pp. 475–503.
- Ruff, L. & Kanamori, H.**, 1980. Seismicity and the subduction process, *Phys. Earth planet. Inter.*, **23**, 240–252.
- Ruff, L. & Kanamori, H.**, 1983. Seismic coupling and uncoupling at subduction zones, *Tectonophysics*, **99**, 99–117.
- Ruff, L.J.**, 1989. Do trench sediments affect great earthquake occurrence in subduction zones?, *Pure appl. Geophys.*, **129**, 263–282.
- Russo, R.M. & Villasenor, A.**, 1995. The 1946 Española earthquakes and the tectonics of the North America-Caribbean plate boundary zone, northeastern Española, *J. geophys. Res.*, **100**, 6265–6280.
- 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.

**Savage, J.C.**, 1983. A dislocation model of strain accumulation and release at a subduction zone, *J. geophys. Res.*, **88**, 4984–4996.

**SAVAZZI ENRICO Adaptations to tube dwelling in the Bivalvia Lethaia**  
Volume 15, Issue 3 , Pages275 - 2971982 The Lethaia Foundation

**Scholz, C.H. & Campos, J.**, 1995. On the mechanism of seismic decoupling and back arc spreading at subduction zones, *J. geophys. Res.*, **100**, 22 103– 22 115.

**Scholz, C.H. & Small, C.**, 1997. The effect of seamount subduction on seismic coupling, *Geology*, **25**, 487–490.

**Scholz, C.H.**, 1990. *The Mechanics of Earthquakes and Faulting*, 439 pp, Cambridge Univ. Press, New York.

**Scholz, C.H.**, 2002. *The Mechanics of Earthquakes and Faulting*, 2nd edn, p. 496, Cambridge University Press, Cambridge.

**Speed, R.C. & Larue, D.K.**, 1991. Extension and transtension in the plate boundary zone of the northeastern Caribbean, *Geophys. Res. Lett.*, **18**, 573–576.

**Stein, S., Engeln, J.F. & Wiens, D.A.**, 1982. Subduction seismicity and tectonics in the Lesser Antilles arc, *J. geophys. Res.*, **87**, 8642–8664.

**Tanner, J.G. & Shepherd, J.B.**, 1997. Project catalogue and Seismic hazard maps, seismic hazard in Latin America and the Caribbean, *Panamerican Inst. Geographys. History*, **1**, 143p.

**Ten Brink, U. & Lin, J.**, 2004. Stress interaction between subduction earthquakes and forearc strike-slip faults: modeling and application to the northern Caribbean plate boundary, *J. geophys. Res.*, **109**, 12 310–12 324, doi:10.1029/2004JB003031.

**Ten Brink, U., Danforth, W., Pollonini, C., Andrews, B., Llanes, P., Smith, S., Parker, E. & Uozumi, T.**, 2004. New seafloor map of the Puerto Rico Trench helps assess earthquake and tsunami hazards, *Eos (Transactions)*, **85**, 349–360.

**Van Gestel, J.P., Mann, P., Dolan, J.F. & Grindlay, N.R.**, 1998. Structure and tectonics of the upper Cenozoic Puerto Rico-Virgin Islands carbonate platform as determined from seismic reflection studies, *J. geophys. Res.*, **103**, 30,505–30,530.

**Wallace, L.M., McCaffrey, R., Beavan, J. & Ellis, S.**, 2005. Rapid microplate rotations and backarc rifting at the transition between collision and subduction, *Geology*, **33**, 857–860.

**Wells, D.L. & Coppersmith, K.J.**, 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement, *Bull. seism. Soc. Am.*, **84**, 974–1002.

## 6. ILUSTRACIONES

Fig. 1: Ubicación de la Hoja San Francisco de Macorís (6173-IV) con las hojas adyacentes	11
Fig. 2: Ubicación de la Hoja San Francisco de Macorís (6173-IV) en el marco administrativo nacional	13
Fig. 3: Morfología de la Hoja San Francisco de Macorís (6173-IV) con la red de accesos y de drenajes	13
Fig. 4: Vista parcial de la Hoja desde el Suroeste (Loma Del Caribe) hacia el Noreste con la Autopista Duarte en el segundo plano	14
Fig. 5: Gráficos climáticos de los promedios mensuales en San Francisco de Macorís	16
Fig. 6: Porcentaje de población urbana / rural	16
Fig. 7: Datos demográficos del sector de San Francisco de Macorís	17
Fig. 8: Esquema geológico de la Isla de La Española, con la posición de la Hoja de San Francisco de Macorís (naranja)	18
Fig. 9: Principales dominios morfoestructurales de La Española según Lewis y Draper (1991)	20
Fig. 10: Mapa de los terrenos tectonoestratigráficos de La Española según Mann et al. (1991)	20
Fig. 11: Cuadro estratigráfico sintético de los distintos dominios	21
Fig. 12: Posición de la Placa Caribe. La Isla de La Española está situada sobre la zona activa de desgarre sinistral que separa las placas norteamericana y caribeña (Lewis J.F. et al., 2002)	25
Fig. 13: Corte interpretativo que permite visualizar las relaciones entre La Isla de La Española y las placas Norteamericana y Caribeña (Dolan J.F. et al., 1998)	26
Fig. 14: Principales elementos tectónicos del sistema de arco-isla circum-caribeño de edad Cretácico Superior – Eoceno. (Lewis J.F. et al., 2002)	27
Fig. 15: Mapa de la Isla de la Española con detalle de los principales sismos históricos (Calais E, 2001)	28
Fig. 16: Ubicación de sismos importantes en el límite de placas Norte América y Caribe (Man P. 1998)	28
Fig. 17: Áreas de percepción de los sismos históricos en el límite de placas Norte América y Caribe	29
Fig. 18: Velocidades de desplazamientos medidas por GPS en la Zona Noreste del Caribe. (Calais E, 2007)	29
Fig. 19: Esquema de ubicación geológica de la hoja de San Francisco de Macorís	34
Fig. 20: Correlaciones de las diferentes unidades descritas de la Elevación de San Francisco de Macorís	35
Fig. 21: Unidad Macorís: Vista de las secuencias de niveles decimétricos de calizas arcillosas coralinas con clastos de macro corales intercalados en margas naranjas beige	40
Fig. 22: Unidad Macorís: Detalle de los cantos (C) de macro corales intercalados entre los niveles de bio-calizas coralinas (N)	40
Fig. 23: Unidad Macorís: Detalle de las calizas a rodolitos	40
Fig. 24: Unidad Macorís - Vista de las alternancias horizontales de niveles decimétricos de calizas arcillosas coralinas	40
Fig. 25: Esquema litoestratigráfico del Grupo Yaque del Norte (F. Pérez Valera y M. Abad 2008)	45
Fig. 26: Detalle cartográfico del afloramiento de la Formación Gurabo (color azul) en el límite Noroccidental de la hoja	49

Fig. 27: Formación Gurabo - margas siltosas sobreyacidas por el conglomerado de Azlor y la unidad de Licey al Medio .....	49
Fig. 28: Formación Gurabo – detalle del contacto discordante de las margas con el conglomerado de Azlor y la unidad de Licey al Medio.....	50
Fig. 29: Formación Gurabo – Detalle de las margas y siltitas calcáreas con moldes de bivalvos marinos. ....	50
Fig. 30: Unidad de los conglomerados de Azlor – Vista panorámica de la cantera de Arroyo Reparadero con 10m de alternancias poca marcadas de areniscas conglomeráticas (A) y carbonatada (CgFe) sobreyacidas por una capa de 2 a 5m de brecha conglomerática calcárea (BrCg) con megabloque (BC) de calizas bioclásticas. ....	53
Fig. 31: Unidad de los conglomerados de Azlor – Niveles naranjos polimétricos de conglomerado (C) polimictico sobreyaciendo a areniscas masivas (A) o laminadas (B) con minerales negros con S0 oblicuas.....	55
Fig. 32: Unidad de los conglomerados de Azlor – Detalle de las estratificaciones cruzadas en las areniscas conglomeráticas y areniscas de grano medio.....	55
Fig. 33: Unidad de los conglomerados de Azlor – Foto de detalle de las areniscas de grano medio estratificadas con un contacto brusco erosivo de niveles conglomerático .....	56
Fig. 34: Unidad de los conglomerados de Azlor – Vista del oeste la cantera de Arroyo Reparadero con niveles de arenas conglomeráticas carbonatadas (Cb) intercaladas en conglomerados calcáreos (cg) .....	56
Fig. 35: Unidad de los conglomerados de Azlor – Foto de detalle de los conglomerados sideríticos con cantos polimicticos sub angulosos a redondos.....	57
Fig. 36: Unidad de los conglomerados de Azlor – Sección de tronco fósiles carbonatado de tamaño decimetro en situ co el Halo de materias carbonosas.....	57
Fig. 37: Unidad de los conglomerados de Azlor Vista del Contacto irregular y erosivo de la brecha conglomerática calcárea (Br) con concentraciones difusas de materias carbonosas (Mo) encima de las alternancias de areniscas y conglomerados (Cg) con clastos (C) de areniscas .....	57
Fig. 38: Unidad de los conglomerados de Azlor Fallas normales sin sedimentarias muy marcadas en las alternancias decimétricas de niveles polimétricos de conglomerado polimictico (C) con en con areniscas (A) o areniscas lutititas (Al). ....	57
Fig. 39: Unidad de los conglomerados de Azlor - Vista del Contacto irregular y erosivo de la brecha conglomerática calcárea (Br) con concentraciones difusas de materias carbonosas (Mo) encima de las alternancias de areniscas y conglomerados (Cg) con clastos (C) de areniscas .....	58
Fig. 40: Unidad de los conglomerados de Azlor - Fallas normales sin sedimentarias muy marcadas en las alternancias decimétricas de niveles polimétricos de conglomerado polimictico (C) con en con areniscas (A) o areniscas lutíticas (Al). ....	58
Fig. 41: Unidad de los conglomerados de Azlor - Vista de una facies conglomerática (C) con clastos decimétricos de areniscas( A) sobreyacidas por aluviones recientes.....	59
Fig. 42: Unidad de los conglomerados de Azlor - Detalle de las facies conglomerática (C) con clastos decimétricos de areniscas( A) sobreyacidas por aluviones recientes .....	59
Fig. 43: Esquema de ubicación de la Unidad de Licey al Medio (Blanco) en el marco de la hoja con el mapa del potasio los principales fallas con fondo del modelo numérico de terreno .....	61
Fig. 44: Unidad de Licey al Medio – Vista de la llanura de San Francisco de Macorís desde en Suroeste con el Arroyo Pontón y la Autopista Duarte.....	62
Fig. 45: Unidad de Licey al Medio –Vista de la antropización de la llanura de San Francisco de Macorís con arrozales de riego 693 .....	62
Fig. 46: Unidad de Licey al Medio: Arcillas expansivas de color beige amarillento con intercalaciones de areniscas (Ar) de grano medio calcárea y nódulos calcáreos (c).....	64

Fig. 47: Unidad de Licey al Medio : Areniscas no clasificadas calcáreas de grano medio poco consolidadas de color beige ocre con diferenciaciones nodulares de calizas calcáreo dolomíticas blanquecinas.....	64
Fig. 48: Unidad de Licey al Medio - Arcillas muy plásticas calcáreas poco arenosas liviamiente ondulada con una S0 muy discreta saturadas a 0.7m encima del nivel del Río.....	64
Fig. 49: Unidad de Licey al Medio - Arcillas beige amarillentas muy arenosas calcáreas localmente figuras de slumps - arcillas muy saturadas hasta +1m arriba del nivel de agua .....	64
Fig. 50: Unidad de Licey al Medio - Vista del la transición de los suelos negros a las arcillas ocre en un corte de derrumbe en Sabaneta.....	65
Fig. 51: Unidad de Licey al Medio - Vista del la transición de las arcillas ocre (B) a los suelos negros (A) con el substrato de margas de la Formación. Gurabo (C) en un corte de deslizamientos en la Guama de Guanábao .....	65
Fig. 52: Unidad de Licey al Medio - Vista del la transición de los suelos negros a las arcillas ocre en un sector de topografía ondulada.....	65
Fig. 53: Unidad de Licey al Medio - Vista del la transición de los suelos negros a las arcillas ocre en un sector de topografía ondulada.....	65
Fig. 54: Unidad de Licey al Medio: Vista de los suelos negros antropizados en el sector del Arroyo Pontón.....	66
Fig. 55: Unidad de Licey al Medio : vista del glacis horizontal negro de suelos orgánicos con cultivos intensivos de plátano; .....	66
Fig. 56: Unidad de Licey al Medio – Transición de los suelos orgánicos negros a arcillas oliváceas –Fundaciones de casa en el sector de Arroyo Bijao.....	67
Fig. 57: Unidad de Licey al Medio – Transición de los suelos orgánicos negros a arcillas oliváceas en el sector de Barranca .....	67
Fig. 58: Cuaternario – Coluviones: Vista de la cantera ocasional en los coluviones de la Loma Pontón con la Autopista Duarte al segundo plano.....	68
Fig. 59: Cuaternario – Coluviones - manantial en los coluviones con mega bloques, bloques y arenas gruesas en el Piedemonte de la Loma Pontón .....	68
Fig. 60: Esquema de ubicación de Terrazas bajas de derrame aluvial.....	69
Fig. 61: Cuaternario – Terrazas bajas de derrame aluvial y abanicos de baja pendiente: Vista hacia el Norte de la las praderas de pasto en suelos arenosos marrón. ....	70
Fig. 62: Cuaternario – Terrazas bajas de derrame aluvial y abanicos de baja pendiente: Suelos arenosas limosos marrón naranja .....	70
Fig. 63: Cuaternario – Llanura aluvial y de inundación: vista de los depósitos de inundación del Río Camú en Ranchito contrastando con los suelos negros de las Arcillas de Licey al Medio.....	71
Fig. 64: Cuaternario – Cuaternario – Llanura aluvial y de inundación: vista de los depósitos arcillosos de inundación en el valle bajo del Río Cenoví.....	71
Fig. 65: Cuaternario – Llanura aluvial y de inundación: Vista del un corredor de inundación en el sector de Ranchito de la Tormenta Olga ( Diciembre 2007) .....	71
Fig. 66: Cuaternario – Cuaternario – Llanura aluvial y de inundación: Vista del nivel de inundación en Las Rosas (Ranchito) con la Tormenta Olga (Diciembre 2007) .....	71
Fig. 67: Cuaternario – Llanura aluvial y de inundación: Vista del trayecto rectiligno del Río Camú y los daños causados por la tormenta Olga ( Diciembre 2007) en Ranchito .....	72
Fig. 68: Cuaternario – Llanura aluvial y de inundación: Vista de los daños causados por la tormenta Olga (Diciembre 2007 en Ranchito a lo Largo del río Camu .....	72
Fig. 69: Cuaternario Paleomeandros: vista de una sección de paleomandro (PM) en el Valle del Río Licey Suelos orgánicos (SO) / Unidad de Licey aL Medio (UL ) / Llanura de inundación (LI) .....	72

Fig. 70: Cuaternario Aluviones de fondo de valle: Explotación de los niveles arenosos en el Cauce del Río Licey.....	73
Fig. 71: Cuaternario Aluviones de fondo de valle: corredor de depósitos en la llanura de inundación. ....	73
Fig. 72: Unidad de los conglomerados de Azlor - Fallas normales sinsedimentarias muy marcadas en las alternancias decimétricas de niveles polimétricos de conglomerado polimítico (C) con en con areniscas (A) o areniscas lutíticas (Al). ....	76
Fig. 73: Ubicación del perfil sísmico en el marco de las hojas Santiago, Salcedo, San Francisco de Macorís y la Vega.....	77
Fig. 74: Corte de sísmica reflexión del Perfil W9 de Weeks Petroleum y su interpretación por Weeks Petroleum (Mann 1994) .....	79
Fig. 75: Descripción hidrogeológica – Sondeo hidrogeológico en los conglomerados de Azlor infrayaciendo el glacis pastoso. ....	81
Fig. 76: Riesgos de inundación: Caso de daños ocurridos en Ranchito durante la crecida del río Camú durante la tormenta Olga en diciembre 2007.....	83
Fig. 77: Riesgos de inundación: Caso de daños ocurridos en Ranchito durante la crecida del río Camú durante la tormenta Olga en diciembre 2007.....	83
Fig. 78: Riesgos de deslizamientos – Vista del comportamiento de los gaviones en los deslizamientos.....	84
Fig. 79: Riesgos de deslizamientos Vista de la evolución de los daños ocurridos en la orilla derecha del Río Licey en la Guama de Guanábao entre la Tormenta Noel en Octubre 2007 y la tormenta Olga en Diciembre 2007 .....	84
Fig. 80: Riesgos de deslizamientos Vista de los deslizamientos ocurridos en Sabaneta en la orilla del Río Camu .....	85
Fig. 81: Riesgos de deslizamientos Vista de los deslizamientos ocurridos en Sabaneta en la orilla del Río Camu .....	85
Fig. 82: Riesgos de deslizamientos Carretera deslizada en la orilla del Río Camú en la Tala durante la tormenta Olga .....	85
Fig. 83: Riesgos de deslizamientos Puente destruido con un deslizamiento de la ribera derecha del Río Licey. ....	85
Fig. 84: Riesgos de deslizamientos – Vista de la evolución de los daños ocurridos en la orilla derecha del Río Licey en la Guama de Guanábao entre la Tormenta Noel en Octubre 2007 y la tormenta Olga en Diciembre 2007 .....	86
Fig. 85: Ubicación de los epicentros de los sismos recientes y históricos con fecha, magnitud Richter y profundidades en la hoja de San Francisco y las hojas adyacentes con el modelo numérico de Terreno (SRTM).....	87
Fig. 86: Esquema de ubicación de los indicios en el marco de la hoja (Rojo: cantera activa – verde: canteras inactivas) .....	88
Fig. 87: Tabla de descripción de los indicios en la hoja.....	88
Fig. 88: Recursos no metálicos: Explotación de los niveles arenosos en el Cauce del Río Licey. ....	89
Fig. 89: Recursos no metálicos: Explotación de los niveles arenosos en el cauce del Río Jaya.....	89
Fig. 90: Vista de las canteras artesanales de extracción de arenas y gravas de la Formación Mao en Romero (25PU9496) y la Noriega (25PU9064) .....	90