



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL  
REPÚBLICA DOMINICANA

**MAPA GEOMORFOLÓGICO Y DE PROCESOS ACTIVOS  
SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO  
DE LA REPÚBLICA DOMINICANA**

**ESCALA 1:100.000**

**LA ISABELA**

**(5975)**

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

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada en el periodo 2008-2009 por Informes y Proyectos S.A. (INYPSA), formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA, dentro del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, con normas, dirección y supervisión del Servicio Geológico Nacional, habiendo participado los siguientes técnicos y especialistas:

#### CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

- Lic. Juan Escuer Solé (INYPSA)

#### CARTOGRAFÍA DE PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

- Lic. Juan Escuer Solé (INYPSA)

#### REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Lic. Juan Escuer Solé (INYPSA)

#### ELABORACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y ASESORÍA DURANTE LA ELABORACIÓN DE LOS TRABAJOS

- Dr. Ángel Martín-Serrano (IGME)

#### TELEDETECCIÓN

- Ing. Juan Carlos Gumiel (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 (TYPISA) 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 Jaume 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

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	6
<b>1.1 Metodología .....</b>	<b>6</b>
2. DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA.....	10
3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.....	13
<b>3.1 Estudio morfoestructural.....</b>	<b>13</b>
3.1.1 Formas estructurales .....	14
<b>3.2 Estudio del modelado .....</b>	<b>17</b>
3.2.1 Formas gravitacionales.....	19
3.2.2 Formas fluviales y de escorrentía superficial.....	19
3.2.3 Formas lacustres y endorreicas.....	21
3.2.4 Formas poligénicas.....	21
3.2.5 Formas marinas-litorales .....	23
3.2.6 Formas antrópicas .....	23
4. FORMACIONES SUPERFICIALES .....	25
<b>4.1 Formaciones gravitacionales .....</b>	<b>25</b>
4.1.1 Cantos, arenas y lutitas. Coluviones (d). Holoceno .....	25
4.1.2 Lutitas, cantos y bloques. Deslizamientos (b). Holoceno .....	26
<b>4.2 Formaciones fluviales y de escorrentía superficial .....</b>	<b>27</b>
4.2.1 Abanicos aluviales antiguos. Gravas consolidadas con intercalaciones de arenas y limos. Pleistoceno (m). .....	27
4.2.2 Abanicos aluviales recientes. Gravas, arenas y limos. Holoceno..	28
4.2.3 Arenas y limos. Llanuras de inundación y rellenos de meandro (j). Holoceno	28
4.2.4 Terrazas altas. Gravas, arenas y limos. Pleistoceno (k).....	29
4.2.5 Gravas, arenas y limos. Fondos de valle y terrazas bajas (e). Holoceno	30
<b>4.3 Formaciones marinas-litorales .....</b>	<b>31</b>
4.3.1 Limos y arenas salobres. Marismas altas (a). .....	31

4.3.2	Limos y arenas. Marismas bajas (b).....	31
4.3.3	Arenas. Cordones litorales (c). Holoceno .....	32
<b>4.4</b>	<b>Formaciones poligénicas .....</b>	<b>33</b>
4.4.1	Limolitas, lutitas y conglomerados. Glacis. (g). Holoceno.....	33
4.4.2	Limolitas, lutitas y conglomerados. Depósitos mixtos aluviales- coluviales. (f). Holoceno. ....	34
5.	EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA.....	35
6.	PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO .....	37
<b>6.1</b>	<b>Actividad sísmica .....</b>	<b>37</b>
6.1.1	Tsunamis .....	40
6.1.2	Paleosismicidad .....	41
<b>6.2</b>	<b>Tectónica activa.....</b>	<b>42</b>
<b>6.3</b>	<b>El rol de los ciclones tropicales en los procesos activos.....</b>	<b>44</b>
<b>6.4</b>	<b>Actividad asociada a movimientos de laderas .....</b>	<b>45</b>
<b>6.5</b>	<b>Actividad asociada a procesos de erosión.....</b>	<b>45</b>
<b>6.6</b>	<b>Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación .</b>	<b>46</b>
<b>6.7</b>	<b>Actividad antrópica .....</b>	<b>48</b>
7.	REFERENCIAS CITADAS .....	49

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Metodología

Debido al carácter incompleto y no sistemático del mapeo de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través de la Dirección General de Minería (DGM), se decidió a abordar a partir de finales de la década pasada, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea, en concepto de donación. El Programa SYSMIN tiene como objetivo primordial favorecer el desarrollo del sector geológico-minero y mejorar las condiciones de vida de la población frente a los fenómenos sísmicos, la contaminación de las aguas subterráneas y la degradación del medio ambiente generada por las explotaciones mineras en la República Dominicana. Como continuación de los proyectos de Cartografía Geotemática desarrollados dentro del programa SYSMIN I, denominados C (1997-2000), K (2002-2004) y L (2002-2004), el consorcio integrado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) e Informes y Proyectos S.A. (INYPSA), ha sido el responsable de la ejecución del denominado Proyecto 1B, bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG, cuya asistencia técnica corresponde a TYPESA) y la supervisión del Servicio Geológico Nacional (SG N) del presente Proyecto 1B (EuropeAid/122430/D/SER/DO).

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.

El Proyecto 1B incluye, entre otros trabajos, la elaboración de 24 Hojas Geomorfológicas y otras tantas de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico, a escala 1:100.000, correspondientes a los siguientes cuadrantes a dicha escala:

Zona Norte:

- La Vega (6073)
- San Francisco de Macorís (6173)
- Sánchez (6273)
- Samaná (6373)
- Santiago (6074)
- Salcedo (6174)
- Nagua (6274)
- La Isabela (5975)
- Puerto Plata (6075)
- Sabaneta de Yásica (6175)

Zona Sureste:

- La Granchorra (6470)
- Santo Domingo (6271)
- San Pedro de Macorís (6371)
- La Romana (6471)
- Juanillo (6571)
- Las Lisas (6472)
- Bávaro (6572)

Zona Sur:

- Sabana Buey (6070)
- Baní (6071)

Zona Suroeste:

- Isla Beata (5868)
- Cabo Rojo (5869)
- Enriquillo (5969)
- Pedernales (5870)

- Barahona (5970)

Ya que cada Hoja forma parte de un contexto geológico más amplio, la ejecución de cada una de ellas se ha enriquecido mediante la información aportada por las de su entorno; por ello, a lo largo de la presente Memoria son numerosas las alusiones a otras hojas.

La presente Hoja y Memoria afectan a la totalidad de la Hoja a escala 1:100.000 de La Isabela. Durante la realización de la Hoja Geomorfológica a escala 1:100.000 de Santiago de los Caballeros se ha utilizado la cartografía geológica de las 4 hojas a escala 1:50.000 elaborada durante el presente proyecto: (5975) Barrancón (5975-I), El Mamey (5975-II), Villa Vázquez (5975-III), El Cacao (5975-IV), además de la información disponible de diversa procedencia y las fotografías aéreas del Proyecto ICM, a escala 1:60.000 (1958), así como las imágenes de satélite Spot P, Landsat TM y SAR. Los estudios fotogeológicos se han completado con la interpretación de las imágenes de Google Earth. La cartografía previa ha sido complementada con recorridos de campo. Muchos de los puntos de observación y recorridos fueron grabados con ayuda de un PC portátil con sistema GARMIN acoplado de GPS (System Global Positioning) y el software Global Mapper siendo uno de los principales objetivos de los mismos la toma de datos que pudieran ser de utilidad para la realización de la Hoja a escala 1:100.000 de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico, derivada en buena medida de la cartografía geomorfológica.

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. Esta normativa, inspirada en el Modelo del Mapa Geológico Nacional de España a escala 1:50.000, 2ª serie (MAGNA), fue adaptada durante el desarrollo del Proyecto a la Guía para la elaboración del Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50.000 (IGME, 2004) que incluye la correspondiente al Mapa de Procesos Activos, si bien en el presente trabajo se han adoptado ligeras modificaciones en función de la diferente escala de trabajo y de la cantidad de información existente.

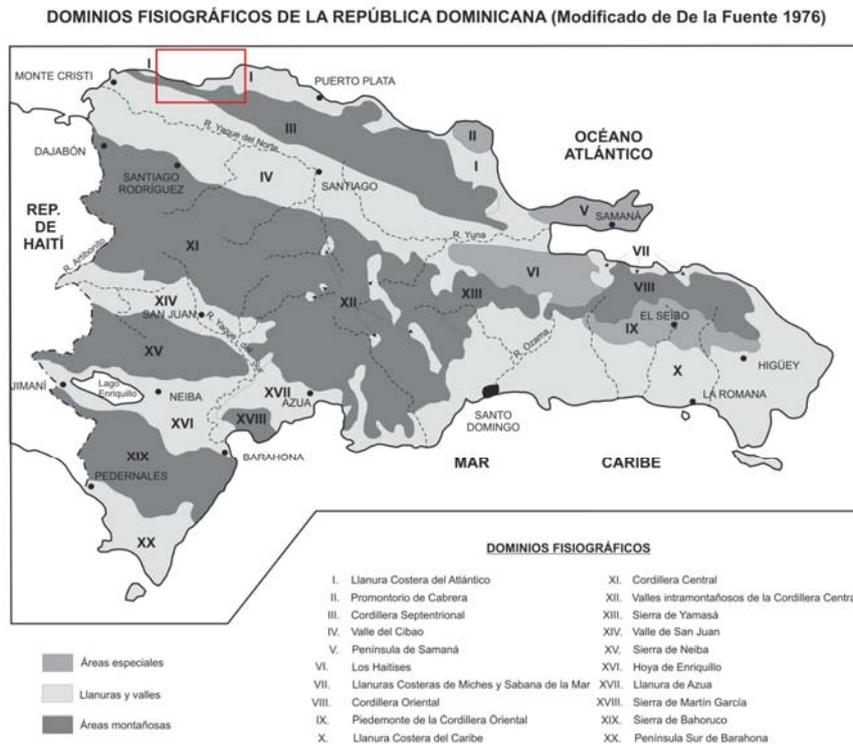
La presente Memoria tiene carácter explicativo de los Mapas Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico del cuadrante de La

Isabela (5975). Tras la presente introducción, en la que se abordan brevemente la metodología seguida, la ubicación de la Hoja en los contextos regionales geográfico y geológico, y los antecedentes más relevantes, se detallan los siguientes aspectos:

- Descripción geográfica, en la que se señalan los rasgos físicos más destacables, como los accidentes geográficos (sierras, ríos, llanuras...), los parámetros climáticos generales y los principales rasgos socioeconómicos.
- Análisis morfológico, en el que se trata el relieve explicando las distintas formas de éste, agrupándolas en función del proceso geomorfológico responsable de su origen (estructural, gravitacional, fluvial...), e incidiendo en su geometría, tamaño y génesis.
- Estudio de las formaciones superficiales, es decir, de las formas deposicionales, haciendo hincapié en su litología, espesor y cronología, agrupadas igualmente en función de su agente responsable.
- Evolución e historia geomorfológica, contemplando el desarrollo del relieve en función del tiempo, tratando de explicar su génesis y evolución.
- Procesos activos susceptibles de constituir riesgo geológico, resultado de la potencial funcionalidad de diversos fenómenos geodinámicos, la mayoría testimoniados por diversas formas de la superficie terrestre.

Por otra parte, las memorias de las hojas Geológicas a escala 1:50.000: (5975) Barrancón (5975-I), El Mamey (5975-II), Villa Vázquez (5975-III), El Cacao (5975-IV); incluyen la mayor parte de la información contenida en el presente texto, distribuida entre sus capítulos correspondientes a Introducción (Descripción fisiográfica), Estratigrafía (Formaciones superficiales) y Geomorfología (Análisis morfológico y Evolución e historia geomorfológica).

## 2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA



*Fig.2.1. Dominios fisiográficos de la República Dominicana y situación de la Hoja a escala 1:100.000 de La Isabela. Modificado de De la Fuente (1976).*

La Hoja 1:100.000 de La Isabela (5975) se sitúa en la zona noroccidental de la República Dominicana y su topografía queda definida por la presencia de la Cordillera Septentrional, que cruza de NW a SE dividiéndola en tres partes bien diferenciadas: los relieves llanos de las depresiones del Yaque del Norte, en la esquina suroccidental y del Bajabonico en la nororiental, separados por la franja accidentada de la Cordillera, que ocupa la zona central. Las cotas de la hoja oscilan desde los 0 msnm en la costa llegando a los 779 msnm en una de las crestas de la Cordillera Septentrional, muy cerca de la Laguna de Soliman y en la Loma de los Guayacanes. Aunque la línea de costa constituye uno de los límites fisiográficos de la hoja, la llanura costera es muy angosta y rápidamente se pasa a niveles más elevados.

En la zona más suroccidental de la hoja domina la considerable depresión del Cibao occidental que es atravesada por el río Yaque del Norte, describiendo grandes meandros debido al suave desnivel y donde encontramos los núcleos urbanos de Villa Vasquez, Castañuelas y Guayubin. En el extremo opuesto se localiza otra depresión, esta vez surcada por los ríos Unijica y Bajabonico en el último tramo de su camino hacia el mar. Presenta cierto desnivel, pero ello no impide el desarrollo de los meandros bien diferenciados del Bajabonico.

En el noroeste, desde Punta Rucia hasta Punta Debhora, encontramos la Bahía Isabela, con los niveles más bajos de la hoja y donde un estrecho brazo de sedimentos fluviales ha formado la albufera Estero Hondo en dirección W-E . En dirección opuesta, la laguna La Playa se adentra en la isla bordeando la *Loma Agua de la Cana*. Hacia el este, el caño Estero Hondo drena la laguna Corro Pies, situada en la Sabana Pescao y en el margen sur de la albufera, tras pasar los manglares, encontramos el cerro El Pato, y un desnivel de 130 metros. Del mismo modo, más hacia el este nos encontramos con el Cerro Los Pilonos, con 184 msnm en su punta más elevada. Entre estos dos cerros se encaja el río Los Pilonos. En la llanura aluvial del Bajabonico y el Unijica encontramos dos elevaciones casi aisladas, las lomas de Chiva y de Gualetico. Y en el extremo más nororiental se alza la Loma Candelón, que llega a los 185 msnm justo antes del salto hacia la cañada de Candelón. Ésta queda dividida de Loma Sucia, que se extiende hacia la Hoja adyacente, por el Arroyo La Culebra.

La Cordillera Septentrional cruza desde el NW hasta el límite SE de la hoja, siguiendo adelante en dirección paralela a la costa. Es en el extremo suroriental donde se encuentran sus mayores elevaciones dentro de la hoja, pero no a nivel global de la Cordillera. Siguiendo su misma dirección y en el margen sur de la misma, encontramos la faja de tierras bajas del Valle del Cibao, que van disminuyendo de cota de forma más pausada en dirección a la depresión del Yaque.

La red de drenaje local es variada dependiendo del tipo de cuenca a la que pertenece, pero en su gran mayoría se encuentra encajada en zonas de gran desnivel topográfico. En la zona sur es subsidiaria al Río Yaque del Norte, al que fluyen numerosas cañadas y arroyos desde la Cordillera Septentrional, resultando difusa en la parte más oriental. En la mitad norte, la red de drenaje lleva dirección opuesta y en su mayoría desemboca en el mar, exceptuando el extremo NE, donde cierta parte de la misma aporta sus aguas al río Bajabonico.

El clima dominante es tropical, que es en el país un factor determinante debido a su relieve generalizadamente montañoso, y marcado por dos estaciones bien definidas: la lluviosa o ciclónica (de abril a junio) y la seca. En el Cibao son escasas, reduciéndose a 559 mm anuales en Villa Vázquez, debido a su localización a Sotavento además de estar condicionadas por los vientos alisios que van de E a W y hacen que la precipitación vaya disminuyendo a medida que nos acercamos más hacia el W de la República Dominicana. Además, las precipitaciones medias crecen de S a N de la hoja, hacia donde se encuentran las partes más elevadas. Por su situación latitudinal también se encuentra en la zona de mayor insolación de la tierra y la temperatura anual media se halla en torno a los 26°C, con escasas oscilaciones que rara vez la sitúan por debajo de los 24°C.

### 3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

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

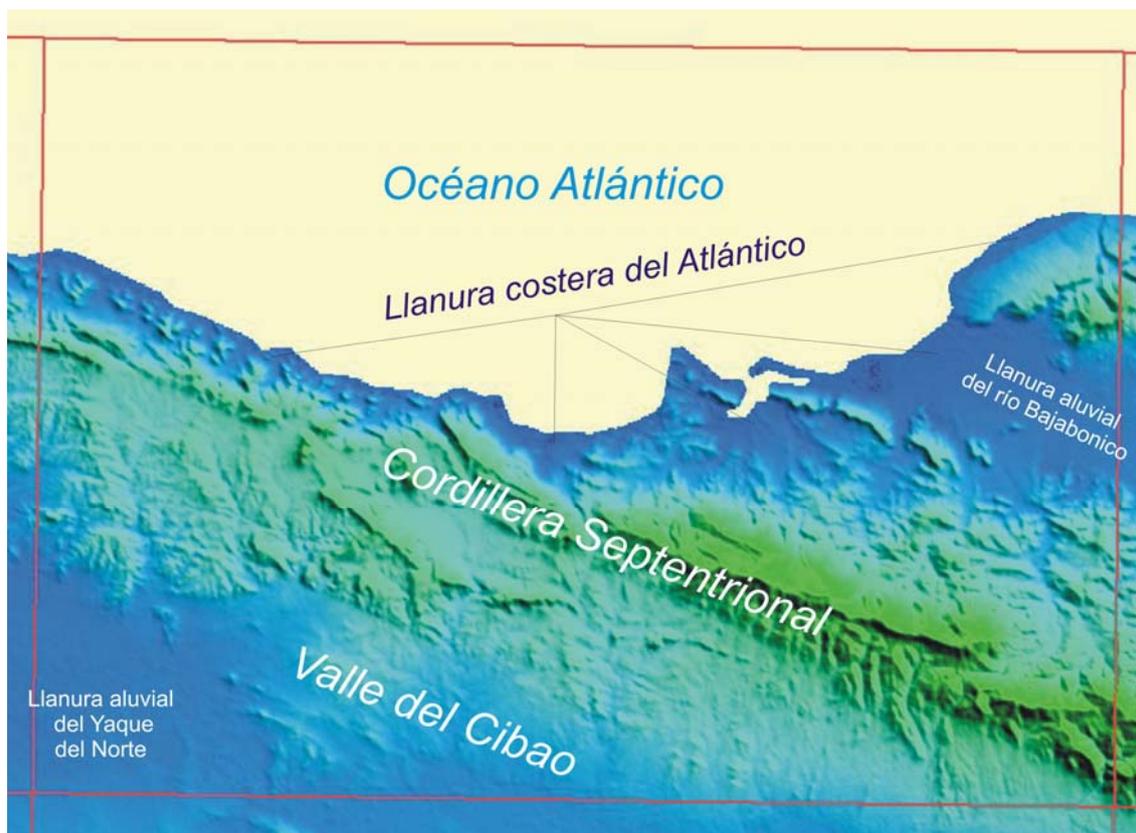


Fig.3.1. Modelo Digital del Terreno mostrando las principales unidades geomorfológicas de la Hoja a escala 1:100.000 de La Isabela. (Fuente MDT: SRTM)

#### 3.1 Estudio morfoestructural

La isla Hispaniola está cortada, de noroeste a sureste, por 8 grandes fallas regionales que dividen la isla en cuatro importantes fragmentos, de los cuales, el bloque Septentrional se encuentra integrado por el valle del Cibao, la Bahía de Samaná, la Cordillera Septentrional, la Península de Samaná, la costa Atlántica y el talud insular norte. (Cámara Petrolera de la Rep. Dominicana, 2005), por lo que la Hoja está íntegramente formada por este bloque.

El relieve de esta Hoja se encuentra condicionado mayoritariamente por la estructura compleja de la Cordillera Septentrional y también por los procesos de acumulación de sedimentos en las llanuras aluviales de los ríos Yaque del Norte en el Valle Occidental del Cibao y, en menor medida, del Bajabonico en el extremo opuesto de la misma, donde también han llegado a formar una barra que encierra la albufera de Estero Hondo, además de cierto retrabajamiento de éstos por la acción morfogenética del mar en algunas zonas litorales. Por tanto, las unidades morfoestructurales de rango mayor son: la Cordillera Septentrional y el Valle del Cibao. El límite entre ambas se sitúa en la Falla Septentrional. El Cibao se subdivide en dos unidades: el Cibao Oriental o Valle de la Vega Real al Este y el Cibao Occidental o Valle de Santiago, también llamado Valle del Yaque del Norte. La Hoja de La Isabela incluye terrenos pertenecientes a este último, representados con los materiales fluviales que forman la llanura aluvial del Yaque del Norte.

La Cordillera Septentrional presenta la zona de relieve más abrupto de la Hoja, haciéndose más notable a medida que avanza hacia el SE. Esta cordillera muestra, de forma fehaciente, la existencia de fallas lineales que compartimentan esta unidad de su vecina, el Valle del Cibao, que queda representada por la Llanura aluvial del río Yaque del Norte y se caracteriza por presentar un cinturón de meandros bien desarrollado que recubre los sedimentos acumulados en el Valle del Cibao, unidad morfoestructural que incluye el trazado del propio Yaque. Por último, y sin llegar a tener la misma envergadura, encontramos las tierras bajas del Bajabonico, donde los materiales se han ido acumulando formando su llanura aluvial, separando la cordillera propiamente dicha de sus estribaciones de menor relieve en el extremo septentrional.

En el límite norte, la Llanura costera del Atlántico, que queda representada por las ciénagas costeras y tierras bajas del W del Bajabonico, no adquiere gran relevancia.

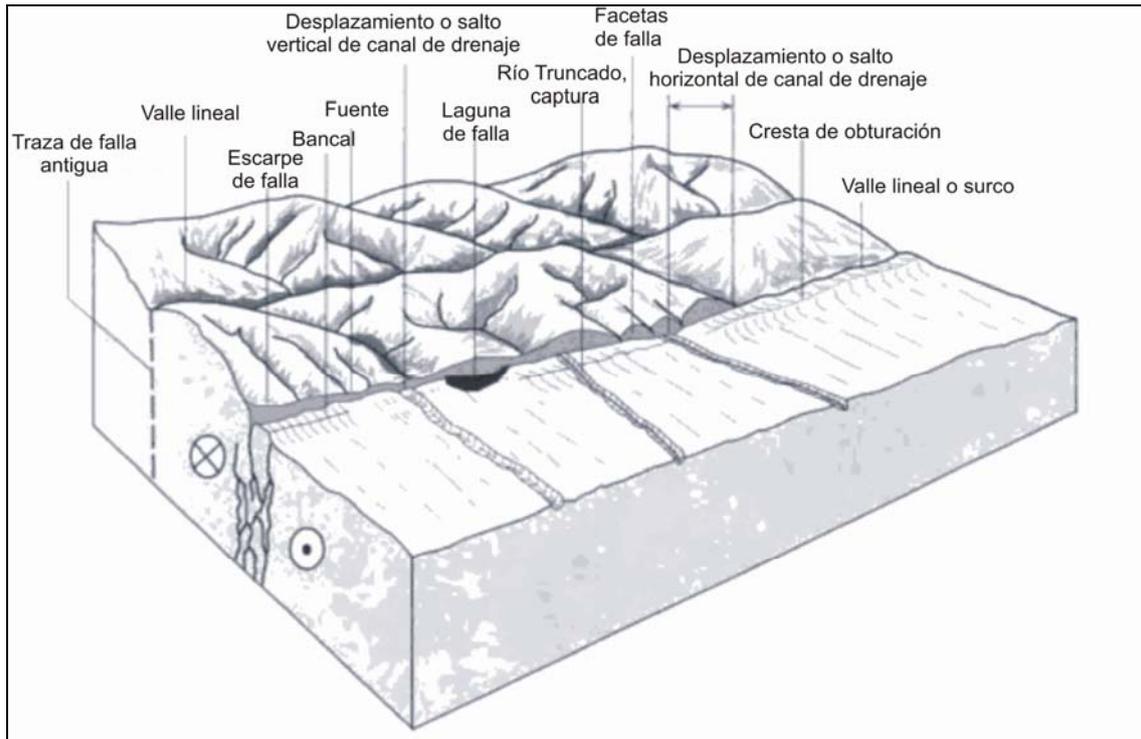
### 3.1.1 Formas estructurales

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

Las formas estructurales en la Hoja de La Isabela adquieren notable importancia morfogenética. Su origen en última instancia se debe a la transpresión por colisión arco-continente, que ha dado lugar a asociaciones de fallas separadas por grandes zonas de desgarre, por lo que las fallas tienen una expresión morfológica clara. Se trata de la Falla Septentrional y su cortejo. Aparecen en la Cordillera Septentrional, tomando direcciones sureste noroeste y separando el límite entre la Cordillera y el Valle del Cibao. A gran escala, quedan representadas en el cuarto suroccidental de la Hoja de forma supuesta, donde su efecto se observa, sobre todo, en la alineación topográfica de la Loma el Cerrazo, Los Alpargatales, y La Sierresita.

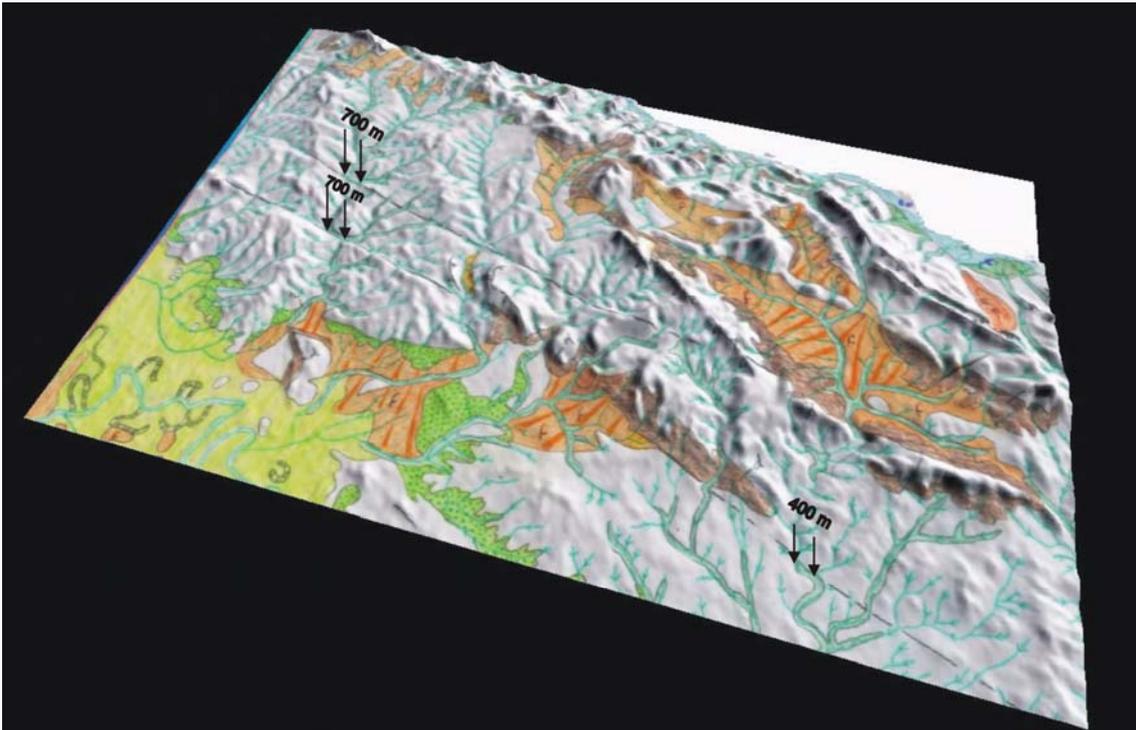
En especial la Falla de Monte Cristi (MCFZ) y la Falla de Villa Vázquez (VVFZ) son las que tienen una expresión morfológica más clara. Estas fallas forman parte del cortejo en que se subdivide la Falla Septentrional al oeste del meridiano de Santiago. A escala regional podrían llegar a considerarse que forman parte de una estructura ramificada propia de las estructuras regionales características que pueden aparecer a lo largo de una falla en dirección. Estas fracturas muestran las características geomórficas típicas de fallas con actividad reciente (figura 3.2), pese a la elevada velocidad con la que la meteorización elimina o enmascara algunas formas, como desplazamientos o saltos de los cursos fluviales y ejes de drenaje que cruzan la fractura (*offsets*). Se han identificado desplazamientos horizontales en fondos de valle en el Arroyo el Charcazo (700 m en MCFZ y 700 m en VVFZ) y Barranca Blanca (400 m) véase figura 3.3.

En algunas de las zonas donde ha quedado el bloque hundido se encuentran asociadas formas de acumulación de sedimentos recientes, como abanicos aluviales, glaciares de acumulación y abanicos aluviales



*Fig.3.2. Caracteres geomorfológicos típicos indicativos de la actividad de fallas con salto en dirección (Modificado de Wesson et al. 1975).*

El Firme de la Cordillera Septentrional queda marcado por prominentes escarpes, relacionados con los materiales de la Fm Villa Trina y asociados a fallas de desgarres. Estos escarpes estructurales se alinean de W a E desde la Loma de Agua de la Palma, dibujando el Firme, tras pasar cerca de la Laguna de Suliman, donde se halla la mayor elevación de la Hoja. En el borde NW, los prominentes escarpes se encuentran asociados a la Fm. Gran Manglé. La intersección de las fallas o zonas de fallas principales que se acaban de describir divide la cordillera en grandes bloques con formas más o menos romboidales que es característica de zonas transpresivas.



*Fig.3.3. Desplazamientos horizontales en fondos de valle identificados en la Hoja de la Isabela en el Arroyo el Charcazo (700 m) y Barranca Blanca (400 m). (Extracto del Mapa Geomorfológico sobre MDT. Para la Leyenda consultar la propia Leyenda del Mapa Geomorfológico.)*

También quedan reflejados los escarpes de la Loma La Tachuela y de los monoclinales calizos de la Fm La Isabela, que constituyen superficies estructurales, en el NE de la Hoja. El cerro El Pato y la Loma el Candelón son claros ejemplos de superficies estructurales.

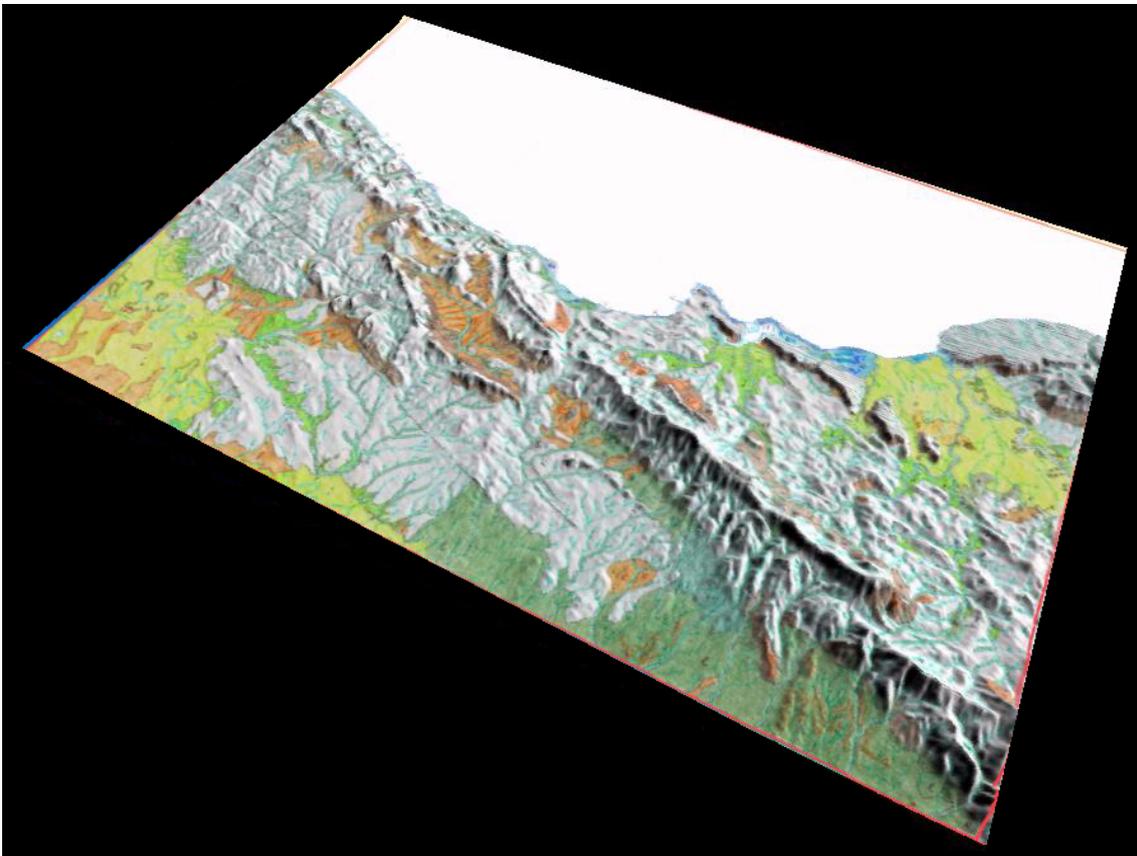
En algunas áreas también han adquirido notable desarrollo las morfologías relacionadas con la distinta resistencia a la meteorización ofrecida por los materiales aflorantes, como los resaltes de capas verticalizadas, que pueden dar lugar a crestas y barras, en el E de la Playa Punta Rucia. Desde el W de El Copey hacia el NW, la erosión diferencial ha propiciado la evolución de dos escarpes a ambos lados del eje de un anticlinal.

### **3.2 Estudio del modelado**

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Cordillera Septentrional y la llanura aluvial del río Yaque del Norte tiene como resultado una expresión geomorfológica sensiblemente diferente. Así, el modelado de

la sierra es el producto de una larga evolución presidida por los procesos geodinámicos internos, predominantemente tectónicos, acaecidos a lo largo de los periodos Cretácico y Terciario, generadores de relieves positivos, sobre los que han actuado, con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o modelado de dichos relieves, destacando los de carácter fluvial y gravitacional.

En el caso de la llanura aluvial del río Yaque del Norte, puede considerarse que la creación de su fisonomía básica arranca con los procesos de sedimentación y acumulación de los materiales procedentes de las Cordilleras Central y Septentrional, iniciados entrado el Cenozoico, en el Valle del Cibao.



*Fig.3.4. Bloque diagrama mostrando los rasgos principales del modelado geomorfológico de la Hoja a escala 1:100.000 de La Isabela. (Mapa Geomorfológico de la Isabela sobre MDT SRTM 90m. Para la Leyenda consultar la propia Leyenda del Mapa Geomorfológico.)*

### 3.2.1 Formas gravitacionales

Pese a los desniveles existentes en el ámbito de la Cordillera Septentrional y a pesar de ser muy significativas, no se trata de formas excesivamente extendidas ni de grandes dimensiones, en buena parte como consecuencia de la propia dinámica de retroceso de las vertientes, que provoca su permanente evolución. Las más frecuentes son los coluviones, formados como respuesta al desequilibrio provocado en las laderas por la erosión fluvial; se distribuyen con mayor preferencia al pie de escarpes de falla, como en el caso de la fractura de la Loma el Cerrazo-Los Alpargatales-La Sierresita, o en laderas de relieves abruptos, como en la alineación de superficies estructurales de Cerro El Pato – Cerro Los Pilónes – Loma Gualetico.

También, aunque en menor medida, se han formado diversos movimientos de laderas o deslizamientos, consecuencia de las pendientes, materiales susceptibles (Fm Villa Trina) y las constantes precipitaciones, así como la ocurrencia de eventos sísmicos. Se encuentran asociados a las laderas de Loma Solimán y, en menor medida, al firme de la Cordillera.

Al sur de Estero Balsa se observa otro deslizamiento. Se ubica entre la loma del Guanillo al sureste y la loma de Balatal al Noroeste. Este probablemente ligado al contacto de las margas con las calizas carstificadas de La Fm Villa Trina. Este deslizamiento se extiende hacia abajo para cubrir una superficie de 1.6Km<sup>2</sup> y sus escombros llegan hasta el camino de El Papayo hasta Estero Balsa. En este camino se observan mega bloques plurimétricos de calizas micríticas en una megabrecha con estratificaciones de rumbo erráticas.

### 3.2.2 Formas fluviales y de escorrentía superficial

Ocupan una gran superficie en la Hoja, con una amplia distribución. Su cartografía permite una detallada caracterización de la red de drenaje. Constituyen la práctica totalidad de la superficie de la llanura aluvial del río Yaque del Norte, donde destaca la extensión de los cinturones de meandros, sin olvidar la orla de glacis, abanicos y conos de deyección que se disponen al pie de los relieves. También se extienden a lo largo del valle del Bajabonico en sus tierras bajas y, en menor medida, en el valle del Río de la Jaiba y del Río Encantamiento. La mayor variedad de depósitos se encuentra en los valles del Yaque del Norte y del Bajabonico, donde

encontramos: llanura de inundación, cauces, meandros abandonados y terrazas asociadas.

La llanura de inundación del Río Yaque del norte constituye una unidad muy representativa en el Valle del Cibao y sus meandros abandonados, muy abundantes subrayan antiguos trazados y confirman su alta capacidad para migrar lateralmente. Las inundaciones de esta llanura son periódicas en temporadas lluviosas y ciclónicas.

Los numerosos meandros abandonados y los cambios bruscos de dirección del cauce del Río Bajabonico reflejan la interferencia de dos sistemas de fallas de dirección N 50° E y N 120° E que afectan a los materiales que constituyen su llanura de Inundación. De hecho, crónicas de los habitantes de La Isabela narran la migración rápida del canal principal del Río Bajabonico varios centenares de metros hacia el Suroeste en los años 50. Este proceso fue desencadenado por un terremoto que condujo a la captura de un cauce fluvial secundario y al abandono del canal principal, hoy en día colonizado por los manglares.

Los fondos de valle aparecen bien representados en la Cordillera Septentrional y en el enlace de esta con las llanuras del Yaque del Norte y del Bajabonico, aunque también se han desarrollado en otros ríos menores que vierten sus aguas directamente al Atlántico. Estas formas suelen quedar delimitadas por rupturas de pendiente, más o menos pronunciadas, cóncavas, en ambas orillas a lo largo de su curso. Pueden presentar drenaje en su parte media o no. Cuando el drenaje incide el fondo de valle se ha cartografiado como incisión lineal. Es frecuente que los fondos de valle hayan sido habilitados para el cultivo por lo que muestran cierta antropización que se traduce en márgenes que protegen los campos. Esta forma implica por sí misma un cierto depósito. A pesar de su aparente falta de funcionalidad forman parte de la red de drenaje concentrando, en caso de fuertes precipitaciones, la arroyada. Son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de los principales elementos de la red fluvial actual.

Se han identificado niveles de terrazas, en las cuencas de los ríos Yaque del Norte y sus arroyos asociados, así como en las del Bajabonico, río de la Jaiba, Encantamiento, Unijica y Caño Miguel. En el caso del Bajabonico su representación cartográfica se ha efectuado estableciendo una distinción entre bajas y altas, según sus cotas y el escarpe que las diferenciado que se ha observado un nivel de terrazas fluviales a una altura de unos 25 metros sobre los cauces actuales, que se ha interpretado como perteneciente a una terraza alta.

En la zona de Guayubin al sur de la hoja las terrazas del Yaque prolongan las terrazas aluviales descritas en la hoja geomorfológica limítrofe de Mao (proyecto Sysmin K). Estas terrazas domina la llanura de inundación del Río Yaque de 3 a 4 m. Corresponden a cantos del cauce del Río Guayubin depositados al nivel de su confluencia con el Río Yaque, depósitos ligados a la bajada de energía al nivel de la confluencia.

Las terrazas también aparecen en la mitad septentrional de la Hoja en los Ríos Unijica, Gualete, Caño Miguel, Arroyo La Jaiba, Arroyo Estero Hondo y Río Encantamiento.

También tienen una notable representación los conos de deyección o abanicos aluviales dispuestos al pie de los relieves de la vertiente norte de la Cordillera Septentrional. Su depósito se produce en la confluencia de los elementos de la red fluvial con áreas menos encajadas, en las cuales la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose. Las dimensiones de estos conos son acusadas en el caso de los que se encuentran asociados al valle del Yaque del Norte, alcanzando una extensión de más de 5 Km. En el extremo NW de la Hoja se encuentra un sistema de abanicos poco de escasas dimensiones, asociados también a vertientes de las estribaciones montañosas de la Cordillera. Además, en las zonas de desembocadura al Atlántico, varios cursos han desarrollado pequeños abanicos deltaicos.

Entre las formas erosivas, se han representado los barrancos de incisión lineal, que ocupan toda la extensión de la Hoja, como consecuencia del fuerte desnivel entre las elevaciones de la Cordillera Septentrional y los valles asociados, así como de la llanura costera Atlántica.

### 3.2.3 Formas lacustres y endorreicas

Se hallan representadas únicamente por lagunas relacionadas genéticamente con la interrelación entre la dinámica fluvial y la dinámica costera. Son áreas deprimidas entre zonas de aporte de sedimentos en la zona de mareas altas. Los ejemplos a citar son las lagunas de Corto Pies, Colé y La Playa, en el NE de la Hoja.

### 3.2.4 Formas poligénicas

Se incluyen en este grupo las formas cuya morfogénesis puede atribuirse a la acción simultánea o sucesiva de más de un proceso morfogenético. En este grupo se incluyen los piedemontes que aparecen en la Hoja.

Los piedemontes constituyen la transición entre zonas elevadas, donde la erosión es el proceso predominante, y las áreas de bajo relieve en las que imperan el transporte y sedimentación. Por tanto las morfologías que se generan en los pedimentos pueden ser de carácter erosivo o mixto como los glacis o claramente deposicional como los abanicos aluviales.

Los glacis y los abanicos aluviales pueden estar íntimamente relacionados por lo que a veces surge un problema para diferenciarlos aunque desde un punto de vista morfogenético los abanicos se incluyen claramente en el sistema fluvial. Un abanico puede convertirse en un glacis como consecuencia del descenso del nivel de base y un aumento de la erosión que provoca su degradación y, a su vez, este puede quedar fosilizado por aportes posteriores formando un claro abanico. Se ha preferido describir diversos piedemontes que aparecen en la Hoja como glacis por diversas razones: en primer lugar para remarcar su origen poligénico; asimismo se ha tenido en cuenta que los glacis son propios de áreas con relieve poco contrastado, como es el caso, a diferencia de los abanicos, que son más abundantes en relieves enérgicos; el espesor del depósito suele ser inferior a 1/100 de la longitud de la forma y presenta las mayores potencias, al menos aparentemente, en las zonas más distales, características más propias de los glacis Bull (1977); el considerar la peculiaridad climática de esta zona semiárida y seca, entorno más típico de los glacis que de los abanicos aluviales. Por último a diferencia de los abanicos los glacis no presentan una cuenca de drenaje lo suficientemente desarrollada que los alimente encontrándose muchas veces adosados a un relieve en el que ya no existe una red de drenaje capaz de aportar y concentrar sedimentos en un abanico. De todas formas la adscripción de estas formas a abanicos aluviales de baja pendiente degradados también podría ser posible, aunque por su descripción habría que incluirlos necesariamente en las formas poligénicas.

Los glacis identificados se ubican principalmente en los sectores de Las Matas, Santa Cruz y Castañuelas al Suroeste de la hoja, también en el piedemonte de los relieves de la Pendiente y los Corralitos, en la zona de Villa Sinda Villa Vázquez y en la depresión El Guayo - El Copey - Los Úberos. También aparecen al pie de las laderas del escarpe de falla del Frente Montañoso de Isabel de Torre, definiendo morfologías con suaves pendiente al sur-sureste que cubren los materiales de la Und. Montecristi donde forman varios manchones discontinuos, erosionados por la incisión de pequeños arroyos y barrancos, que aparecen colgados sobre el nivel de base local, lo que podría indicar la actividad reciente de estas fracturas.

En el sector de Las Matas Santa Cruz Castañuelas, estos glacis constituyen la prolongación de los glacis aluviales descritos en las Hojas geomorfológicas de Mao y de Dajabó. Las formas están interdigitadas con la llanura de inundación del Río Yaque del Norte y su sistema de terrazas. Forman zonas elevadas de 1 a 3 m encima de la llanura de inundación del Río Yaque lo que permite su colonización con viviendas localmente con alta densidad de población (Ciudad de Castañuelas, Poblados de Jobo Corcobado y Bohío Viejo).

En el piedemonte de los relieves de la Pendiente y los Corralitos en la zona de Villa Sinda Villa Vázquez el límite con la llanura de inundación es más progresivo y por tanto poco distinguible. Este glacis se encuentra parcialmente entallado por la red hidrográfica actual (Arroyos Los Córbanos y Bocororó)

También se han cartografiado otros depósitos de origen mixto, como los depósitos aluviales-coluviales en el NE y NW de la Hoja, formados por procesos fluviales y gravitacionales, y los escarpes en el SE, sobre los abanicos aluviales y coluviones asociados a la vertiente sur de la Cordillera Septentrional, cuya génesis se debe a la acción combinada de procesos fluviales, tectónicos y gravitacionales.

### 3.2.5 Formas marinas-litorales

Se circunscriben a la orla litoral de las ciénagas costeras y tierras bajas al W del Bajabonico. Son formas estrictamente relacionadas con la franja costera. La llanura costera en la Hoja, no adquiere gran extensión, debido a la presencia de la Cordillera Septentrional en las zonas proximales a la costa, por lo que el desarrollo de cordones litorales es escaso. Los de mayor escala se limitan a la Playa La Poza Marigoste, Playa Poza Piedra y Playa Punta Rucia, principalmente.

La influencia de las mareas ha permitido el desarrollo de una marisma baja, localizada bajo la influencia de las mareas diarias y colonizada por un manglar, y de una marisma alta, situada en la zona de influencia de las mareas excepcionales; debido a la baja pendiente del terreno. El detalle geomorfológico de la zona incluye canales y lagunas mareales. Como consecuencia del efecto del cordón y de la tendencia ascendente de la región con respecto al nivel del mar.

### 3.2.6 Formas antrópicas

Como agente geomorfológico, el hombre actúa en diferentes sentidos: modificando el paisaje debido a los usos del suelo para actividades agropecuarias,

labores extractivas (canteras a cielo abierto, minería, trincheras, desmontes), construcción de redes de transporte y asentamientos urbanos o de tipo industrial; localmente, la remoción de materiales y la modificación de la topografía original son intensas, bien allanando, rellenando o ahuecando el terreno. Obviamente, no se han representado las modificaciones antrópicas plasmadas en la base topográfica (núcleos urbanos, viales, ferrocarriles y otros elementos planimétricos).

## 4. FORMACIONES SUPERFICIALES

---

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

A continuación, se relacionan las unidades cartografiadas y sus principales características. Se han excluido explícitamente las formaciones arrecifales cuaternarias al no cumplir los criterios que definen una formación superficial ya que se presentan en un grado de consolidación muy elevado.

### **4.1 Formaciones gravitacionales**

#### 4.1.1 Cantos, arenas y lutitas. Coluviones (d). Holoceno

En general, se trata de depósitos muy heterométricos, con acumulación caótica de bloques y gravas con abundante matriz limosa. Muestran muy poca organización y su espesor no supera la decena de metros. La forma de los cantos es angulosa, excepto cuando ya están rodados en el área fuente. La litología de estos depósitos es muy variada en función del tipo de substrato de cada zona. Su potencia y características internas también son variables, no pudiendo precisarse aquélla por ausencia de cortes de detalle, aunque se deducen potencias de orden métrico. En cuanto a su edad, se asignan al Holoceno. Aparecen asociados a las vertientes del Firme de la Cordillera, Loma Soliman, La Sierresita, Loma de la Maboá, Loma de Severino.

Realmente constituyen depósitos de pie de monte o de ladera y están muy bien desarrollados en la vertiente norte de la Cordillera Septentrional, a lo largo del firme. En ocasiones pueden formar lenguas de derrubios que llegan bastante lejos del área fuente, formados probablemente en grandes eventos meteorológicos. También están desarrollados en la ladera meridional, donde es difícil de distinguirlos de los abanicos aluviales, salvo por la angularidad y desorganización de estos depósitos frente a los abanicos.

#### 4.1.2 Lutitas, cantos y bloques. Deslizamientos (b). Holoceno

Esta unidad está constituida por masas de materiales deslizados a partir de los fuertes relieves que existen en el borde norte de la Cordillera Septentrional, por lo que está representada sistemáticamente en este contexto. Las litologías que se encuentran implicadas en esta unidad son básicamente las calizas de la Fm. Los Haitises, debido a que se deslizan sobre los materiales margosos sobre las cuales se encuentran.

Los materiales deslizados responden a depósitos heterométricos que constituyen un conjunto de aspecto desordenado de arcillas que engloban cantos y bloques. La forma de los cantos es variable, dependiendo de la formación de la que procedan. Debido a la propia naturaleza del depósito, su espesor puede variar considerablemente según las zonas. Su génesis obedece a la existencia de elevadas pendientes, favorecida además por la presencia de litologías susceptibles, agua y la actividad sísmica. Constituyen una de las principales manifestaciones de la dinámica actual, por lo que se asignan al Holoceno.

Una disposición habitual es la presencia de grandes bloques de las calizas de la Fm. Los Haitises, sobre una masa arcillosa que presenta también cantos de tamaños centimétricos y bloques métricos. La morfología de los cuerpos denotan que se trata de flujos, dentro de la tipología del deslizamiento, debido al aumento de la presión de poro que ejerce el agua en los materiales margosos que provocan el flujo, provocando el desprendimiento de las calizas suprayacentes.

Al sur de El Higo y la Peña se han reconocido grandes bloques deslizados de la Fm. Los Haitises. También se observan relativamente bien los flujos de materiales provenientes del firme de la Cordillera Septentrional al norte de Ranchete. Asimismo puede citarse el borde norte de la Loma de Solimán y la Loma de Agua de Palma, que provocan el deslizamiento de las calizas de la Fm. Los Haitises sobre los materiales margosos de la Unidad de Gran Mangle, que llegan prácticamente a las poblaciones de Rancho Manuel y Tiborcio.

Otras ocurrencias de masas deslizadas se ubican entre la loma del Guanillo al sureste y la loma de Balatal.

## **4.2 Formaciones fluviales y de escorrentía superficial**

4.2.1 Abanicos aluviales antiguos. Gravas consolidadas con intercalaciones de arenas y limos. Pleistoceno (m).

La base de la unidad no aflora en ningún punto dentro de la hoja y su potencia no puede ser estimada aunque no sería en ningún caso inferior a los 100 m. Esta constituida por una serie heterogénea donde se observan dos tipos de facies predominantes. Las facies más proximales, situadas en las zonas más próximas a la Cordillera Septentrional, aunque también pueden llegar a zonas más externas, está constituida por depósitos clásticos, fundamentalmente groseros, con predominio de brechas y conglomerados entre los que intercalan cuerpos más arenosos y lutíticos. Los cuerpos de brechas están constituidos por cantos y bloques, predominantemente de naturaleza calcárea y calcarenítica, aunque también son frecuentes los de rocas volcánicas, poco rodados con facies desorganizadas o con gradación positiva poco marcada, presentando por lo general una abundante matriz arenoso-lutítica, propios de depósitos de flujos de derrubios y flujos de fangos.

La otra facies son facies más distales, representadas por niveles potentes de limos blanquecinos, con arenas poco consolidadas, entre los que aparecen esporádicamente niveles de paleosuelos carbonatados, con intensa bioturbación de raíces, y niveles de arcillas verdosas expansivas, que en ocasiones contienen restos muy alterados de nódulos de yeso.

Todas estas características permiten interpretar estas facies como pertenecientes a depósitos de abanico aluvial, estando representadas tanto facies de orla de abanico como depósitos de abanico más proximal, incluso sectores más distales donde se representan probablemente depósitos de playa en una cuenca endorreica. Es posible que en estas facies hayan llegado a desarrollarse depósitos evaporíticos de cierta importancia.

Esta unidad aflora en la vertiente sur de la Cordillera Septentrional y actualmente se encuentra muy desmantelada, erosionada e incluso afectada por fallas, y constituye la unidad más antigua de procedencia septentrional sobre la Cuenca de Cibao, denotando la elevación y continentalización final de esta cuenca.

Los mejores afloramientos se encuentran en un camino de servicio de una canal de agua que va en dirección de El Carril hacia la Caya. En este canal se pueden observar muy bien las facies distales. Otro afloramiento espectacular es al norte de La Caya, en dirección hacia Grayumbo, donde se puede observar las facies más proximales de la unidad afectados por la zona de Falla Septentrional, con desarrollo de sistemas de fallas normales y con componente izquierda.

Desde el punto de vista de la edad las muestras tomadas en las facies más finas han resultado ser azoicas, no ofreciendo ningún dato ni sobre la fauna existente, por lo que la edad se atribuye al Pleistoceno, por situarse por encima de la Fm. Mao (Plioceno superior).

#### 4.2.2 Abanicos aluviales recientes. Gravas, arenas y limos. Holoceno.

Una segunda generación de abanicos aluviales, más modernos que los pertenecientes a los de la unidad (m), se han reconocido en la Hoja de La Isabela, desarrollados en dos contextos y con dos asociaciones de facies diferentes. Por un lado se encuentran desarrollados al pie de la Cordillera Septentrional, en el extremo suroriental de la Hoja (sector de El Chorro), como pequeños abanicos activos, realmente próximos a lo que serían conos de deyección. Están formados por acumulaciones de gravas, estratificadas y organizadas en niveles decimétricos, aunque su carácter actual impide ver la organización completa. El otro sistema corresponde a un conjunto de abanicos coalescentes encajados en el sistema de abanicos antiguos (m) que se dispone al pie de la Cordillera Septentrional. Estos abanicos tienen menor extensión que los anteriores y gradan a los depósitos de terraza baja del río Yaque del Norte (Bernárdez, 2004).

#### 4.2.3 Arenas y limos. Llanuras de inundación y rellenos de meandro (j). Holoceno

El aspecto más frecuente de las llanuras de inundación es el de una banda de anchura hecto a kilométrica constituida por limos entre los que se intercalan niveles de arenas. En el caso de la de los ríos Yaque y Bajabonico; en su seno se reconocen estrechas bandas alargadas serpenteantes temporalmente inundadas, correspondientes a cauces y meandros abandonados, que muestran un cierto contenido lutítico. Su espesor es difícil de determinar ante la ausencia de cortes, pero se estima que es de orden métrico a decamétrico. Se incluyen en el Holoceno.

En la Cordillera Septentrional esta unidad aparece bien desarrollada en las llanuras de inundación de los Ríos Bajabonico, Unijica, Gualete y Caño Miguel. Está formada por niveles de pocos metros de arcillas y limos, muy edafizados y antropizados. Actualmente es una unidad que se inunda en los episodios de grandes lluvias, por lo que funciona como llanura de inundación activa. La poca cota que alcanza (<30 m sobre el nivel del mar), la cercanía a la costa y el tratarse de partes bajas de los cursos fluviales, favorecen la inundación del terreno y la formación de depósitos finos por decantación.

En el río Yaque el material constituyente es fino, lutítico, poco consolidado, de color marrón-gris oscuro, rico en materia orgánica. La llanura esta completamente antropizada con sistema de canales de riego. En sus meandros abandonados el río Yaque ha depositado arcillas limosas negras con una alta proporción de materia orgánica.

#### 4.2.4 Terrazas altas. Gravas, arenas y limos. Pleistoceno (k).

En la cuenca del Bajabonico se ha observado un nivel de terrazas fluviales a una altura de unos 25 metros sobre los cauces actuales, que se ha interpretado como perteneciente a una terraza alta. Es una unidad que se encuentra muy desmantelada por la erosión posterior, pero básicamente está formada por niveles de gravas consolidadas o conglomerados, poco cementados, con intercalaciones de arenas medias-gruesas con laminación paralela de alto régimen de flujo. En conjunto no supera los 10 metros de potencia.

Las terrazas altas están ligadas fundamentalmente a los Ríos Unijica y Bajabonico. Se han visto niveles muy desmantelados asociados a los Ríos Gualete y Estero Hondo, que no han sido cartografiados. Las mejores observaciones se pueden hacer en el camino que va desde Villa Isabela a Los Arquíes, donde afloran bastante bien, y donde además, en foto aérea se observa que la terraza alta está limitada de la llanura de inundación por una falla de dirección N105°E (subpararela a la zona de falla de Camú). Otro punto bueno de observación es en el Play (campo de béisbol) de la población de El Mamey, donde justo en la trinchera para hacer el campo se puede observar una pequeña sucesión de esta unidad.

La edad de las terrazas altas ha sido imposible de obtener, debido a la ausencia de fósiles, pero la altura respecto al cauce actual, y la presencia de fallas hace pensar que pueda ser atribuida al Pleistoceno.

#### 4.2.5 Gravas, arenas y limos. Fondos de valle y terrazas bajas (e). Holoceno

Los fondos de valle están constituidos fundamentalmente por gravas y arenas. Las gravas contienen cantos redondeados heterométricos. Aunque no existen cortes que permitan determinar su espesor, sin duda éste puede variar notablemente en función del curso en cuestión; en los de mayor envergadura podrían superarse los 5 m.

Las terrazas bajas están bastante representadas en la Hoja, en la mitad septentrional, se encuentran desarrolladas, de este a oeste en los Ríos Unijica, Gualete, Caño Miguel, Arroyo La Jaiba, Arroyo Estero Hondo y Río Encantamiento. Tienen un amplio desarrollo y están compuestas por materiales de facies muy similares a las terrazas altas, aunque casi la mayoría de ellas muestran una mayor proporción de facies finas (arenas finas, limos y arcillas), sobre todo en la parte superior de la terraza. La cota de las terrazas bajas varía notablemente respecto al cauce actual, aunque de modo general puede oscilar entre 1.5 m. hasta un máximo de 10 metros, aproximadamente. En este aspecto es de resaltar que lo cartografiado como terraza baja, en ocasiones de máxima descarga fluvial debido a grandes tormentas, se pueden inundar, razón por la cual aparecen materiales finos. En este caso, se podrían considerar como terrazas “hidráulicas”, debido a que a pesar de estar unos pocos metros por encima del cauce fluvial, son susceptibles de ser inundadas, pero no pueden considerarse tampoco como llanuras de inundación.

En la cuenca del Yaque las terrazas aluviales. Se disponen en dos sectores: La zona de Villa Lobo – Villa Elisa al sureste y la zona de Guayubin al sur de la hoja.

En la zona de Villa Lobo – Villa Elisa son terrazas depositadas por los arroyos Arroyo Salado (también llamado de los Corbanos) y la Cañada Calabazo. Los depósitos se ubican en ribera izquierda al límite del curso de estos ríos con la llanura de inundación del Río Yaque del Norte cuyo curso actual esta muy próximo. Estos depósitos son ligados a la bajada de energía en estos arroyos acercándose a la confluencia. Las terrazas están constituidas por alternancias decimétricas poco consolidadas de de

arenas de grano medio a fino con pocas gravas y limos. El color es de amarillento a beige.

Los niveles de gravas son mas frecuentes en la zona del la Cañada Calabazo y los cantos son de misma composición que los cantos de los niveles conglomeraticos de la Formación Mao erosionados por la cañada en su curso superior.

En la zona de Guayubín al sur de la hoja las terrazas prolongan las terrazas aluviales descritas en la hoja geomorfológica limítrofe de Mao (proyecto Sysmin K). Los depósitos son tabulares, horizontales, constituidos por cantos redondeados polimícticos heterométricos con una matriz arenosa, de color gris a beige localmente. Los cantos provienen de meta-vulcanitas, anfibolitas e intrusivos dioríticos y gabroicos de la cordillera central. La potencia variable, oscila en general entre 1 y 5 m.

Los depósitos de las terrazas bajas constituyen una de las principales manifestaciones de la dinámica actual, por lo que se asignan al Holoceno.

### **4.3 Formaciones marinas-litorales**

#### **4.3.1 Limos y arenas salobres. Marismas altas (a).**

Son depósitos, de carácter eminentemente detrítico fino. En el caso de las marismas altas y de las llanuras de mareas abandonadas, son visibles grandes superficies de eflorescencias salinas. No se ha observado corte alguno que permita una detallada descripción de las unidades, ni tampoco el establecimiento de su espesor, posiblemente de orden métrico a decamétrico. Se desarrollan por detrás de cordones arenosos, preferentemente, aunque también se han visto por detrás de manglares, y presentan una amplia fluctuación en cuanto a su nivel de agua, pudiendose inundar bastante durante grandes tormentas (ciclones) o permanecer incluso secas gran parte del tiempo. En cuanto a su edad, corresponden al Holoceno.

#### **4.3.2 Limos y arenas. Marismas bajas (b).**

Similares a las anteriores, aunque en el caso de la marisma baja se aprecia un notable contenido de materia orgánica, como consecuencia de su colonización por el manglar. Los manglares, que ocupan dentro de la Hoja las áreas de marisma baja, no permiten en general observar los materiales que ocupan esta franja. Se localizan en la zona intermareal de la costa, por lo que experimentan exposiciones y sumersiones

periódicas diarias. Sin embargo, algunas zonas el manglar han quedado colgado algunos centímetros por encima del nivel que alcanzan las aguas en pleamares normales, lo que podría indicar un ligero levantamiento de la isla en esta zona o un descenso eustático reciente en los últimos miles de años. Su distribución geográfica dentro de la hoja es análoga a la de las lagunas colmatadas, con las que guarda una estrecha relación genética y evolutiva. Litológicamente se trata básicamente de limos, sin cementación, de colores negruzcos y olor fétido que incorporan abundantes restos de bivalvos y gasterópodos. No se ha observado corte alguno que permita una detallada descripción de las unidades, ni tampoco el establecimiento de su espesor, posiblemente de orden métrico a decamétrico. En cuanto a su edad, corresponden al Holoceno.

#### 4.3.3 Arenas. Cordones litorales (c). Holoceno

Constituyen fundamentalmente las diversas playas de la región, de composición mayoritariamente arenosa, aunque incluyen frecuentes restos bioclásticos tamaño grava, dependiendo del sector, dominados por corales y grandes moluscos. Se trata de arenas finas a medias, carbonatadas y con una buena clasificación. Se disponen como un cordón paralelo a la línea de costa, y muy localmente desarrollan en su zona supramareal pequeñas dunas con elementos que alcanzan 2 m de altura. Se reconocen los surcos de crecimiento, aunque la escala de trabajo sólo ha permitido su representación lineal. Limitan hacia tierra el desarrollo de llanuras mareales o de manglares. Su desarrollo ha tenido lugar dentro del Holoceno.

Es muy frecuente la formación de beachrocks o rocas de playa, intensamente cementadas por carbonatos, en su zona intermareal. Limitan hacia tierra el desarrollo de llanuras mareales o de manglares. A destacar por su espectacularidad y evidente interés geológico, biológico y ecológico, las playas del bajo arenoso aflorante, rodeado por arrecifes, llamado "Cayo Arenas". Se sitúa frente a la costa de Sansie. Esta acumulación de arenas finas y muy finas, con restos de corales, experimenta periódicamente su completa erosión, durante la temporada de huracanes y tormentas, y una rápida recuperación en los momentos de funcionamiento de dinámica costera normal.

Se trata de arenas finas a medias, bien clasificadas, de naturaleza eminentemente carbonatada. Aunque siempre predominan las arenas pueden incluir, en diferente

proporción, restos bioclásticos de tamaños variable (desde gravas hasta grandes bloques), dependiendo del sector. Estos restos de fauna están compuestos por corales y moluscos y son arrastrados a la costa durante temporales y tormentas formando acumulaciones tempestíficas intercaladas en las arenas.

#### **4.4 Formaciones poligénicas**

##### 4.4.1 Limolitas, lutitas y conglomerados. Glacis. (g). Holoceno

Esta unidad ha sido definida y diferenciada para incluir una serie de materiales clásticos, depositados en un contexto particular donde no se podía caracterizar otro tipo de formación superficial.

Estas formaciones superficiales cubren extensas áreas con suave pendiente. Su clasificación resulta compleja en función de la gran variabilidad de tamaños y combinación de procesos sedimentarios. En general, en las zonas más proximales dominan los materiales gruesos y angulosos de evolución coluvial o gravitacional pudiendo haberse formado en parte por coalescencia de antiguos conos de deyección cercanos entre sí, pasando, en las zonas medias y distales, a materiales más finos y rodados de ambiente aluvial o incluso fluvial. La composición litológica es variada.

Son depósitos de glacis, constituidos por arenas y gravas con una estratificación planar muy difusa y porcentajes variables de matriz lutítica ocre. Corresponden a acumulaciones sin estratificación o con ella poco desarrollada frecuentemente dominadas por limos y arenas de colores ocres y anaranjados. Presentan en ocasiones alternancias centimétricas a decimétricas de arenas finas a medias y arcillas mal clasificadas, resultantes de la sucesión de eventos erosivos y de sedimentación, ligados a los flujos laminares de aguas sobre una superficie casi plana, poco inclinada y ondulada. La potencia es variable y oscila entre el orden centimétrico en los bordes, hasta 3 m en las zonas de relleno máximo.

Se han identificado en el área entre Agua de Luis y Agua de Palma, donde se reconocen una serie de materiales de escasa potencia, formados por brechas y cantos angulosos en una matriz arcillosa, donde esporádicamente se desarrollan paleosuelos, interpretados a partir del reconocimiento de rizocreaciones.

En el piedemonte de los relieves de la Pendiente y los Corralitos en la zona de Villa Sinda Villa Vázquez son depósitos limosos debido al carácter carbonatado del área fuente que corresponde mayormente a las alternancias de margas y calcarenitas

de la Unidad del Morro. En este sector el color es más pardo por la presencia más abundante de materias orgánicas.

En la depresión El Guayo - El Copey - Los Úberos el material acumulado en el glacis es limoso o arenoso proviniendo de las laderas sin relación con una red hidrográfica marcada. La red actual se encajona en el glacis, exponiendo la roca subyacente. El material constituyendo este glacis es un suelo arenoso amarillento a beige con alto contenido de material pulverulento carbonatado. No se observa estratificaciones. En las partes más septentrionales (Sector del Peñón) se encuentran unos bloques esparcidos angulosos de rocas volcánicas como eluviones residuales de las brechas volcánicas intercaladas en la Fm. Gran Mangle constituyendo la roca infrayacente del glacis y aflorando al Este.

Cabe señalar la presencia de este tipo de forma al límite oriental de la hoja (sector de La Guajaca Sector al Este de Guayubin) donde debido a la pendiente de la topografía más fuerte la forma de glacis se acerca a las características de abanico aluvial. De hecho corresponde a zonas de topografía alomada alargadas entre canales hidrográficos temporales. El material es arenoso limoso de color naranja poco clasificado

Aunque su edad probablemente es todavía Holoceno no es descartable que la génesis de algunas de estas formaciones se haya producido en el Pleistoceno.

#### 4.4.2 Limolitas, lutitas y conglomerados. Depósitos mixtos aluviales- coluviales. (f). Holoceno.

Los depósitos mixtos de origen aluvial-coluvial recubren vertientes menos regularizadas que los glacis. Se trata de depósitos con una extensión generalmente inferior a la de éstos. Pueden situarse en el fondo de valles amplios y suaves recubriendo ambas vertientes o en vertientes onduladas formando depósitos discontinuos. En ocasiones, puede considerarse estos depósitos como la suma de pequeños glacis adyacentes no representados como tales por cuestiones de escala.

Presentan facies de gravas de origen local, con granulometrías centimétricas, morfologías subangulosas que denotan poco transporte, alternando con facies más finas. Los rellenos son multiepisódicos y con arquitecturas internas caóticas con bases erosivas y heterometrías muy marcadas.

## 5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

---

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

La superposición de ambas etapas estableció el diseño regional básico sobre el que ha actuado el modelado holoceno, diseño basado en la presencia del Valle del Cibao entre la Cordillera Septentrional y el piedemonte de la Cordillera Central. La evolución holocena ha estado condicionada principalmente por la tectónica activa, que ha producido una tendencia regional ascendente, y por los procesos fluviales, que no sólo han llevado a cabo una importante labor de incisión en las áreas montañosas, sino que con sus aportes sedimentarios han provocado la colmatación del Valle del Cibao, especialmente representado por la llanura aluvial del río Yaque del Norte.

A finales del Plioceno, el Valle del Yaque en el ámbito de la hoja debía constituir un entrante cuya principal manifestación fue el desarrollo arrecifal adosado al pie de las sierras. El entrante podría presentar altos estructurales que podrían haberse comportado como zonas donde nuclearían los arrecifes. Simultáneamente, la zona montañosa ya habría adquirido una configuración parecida a la actual, mediante la acción del encajamiento de la red fluvial, el desarrollo de superficies de erosión y la tectónica activa, manifestada especialmente por el desnivelamiento y el desplazamiento horizontal de bloques.

El llano costero del Bajabonico se originó en el Pleistoceno por emersiones marinas, donde han quedado sedimentaciones lacustres de origen marino y aluviones. En él, el Bajabonico recibe las aguas del Unijica, confluencia que se originó tras formarse la falla del Camú, a través de la cual fluyó el Bajabonico cambiando su rumbo S-N original hasta tomar dirección SE-NW. Después de varios cambios en su trayectoria y de rellenar el valle con aluviones, sus aguas confluyeron.

La evolución reciente del ámbito de la Hoja ha estado condicionada en parte por la acumulación sedimentaria en el Valle del Yaque y del Bajabonico. La incisión fluvial ha sido poco marcada en las depresiones como consecuencia de su pequeño desnivel con respecto al mar. La actividad de las áreas montañosas de la Cordillera Septentrional ha sido liderada por el encajamiento de la red fluvial y la tectónica activa, desencadenando el desarrollo de una extensa orla de abanicos aluviales y conos de deyección en dirección al Valle del Yaque del Norte. La actividad de la Falla Septentrional ha sido manifiesta y muestra características geomórficas típicas de fallas con actividad reciente pudiendo considerarse totalmente activa en la actualidad.

El trazado del curso bajo del Yaque del Norte se ha visto alterado en diversas ocasiones debido a avulsiones ocasionadas con toda seguridad por caudales de avenida relacionados con episodios de huracanes.

## 6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

---

Se denomina procesos activos a aquellos fenómenos de origen endógeno o exógeno, potencialmente funcionales sobre la superficie terrestre, y cuyo principal interés en la zona es que bajo determinadas circunstancias son susceptibles de constituir riesgo geológico. Su cartografía supone, por tanto, un inventario de procesos geológicos y geomorfológicos funcionales, siendo preciso recordar el carácter imprevisible de buena parte de los fenómenos naturales, tanto en zonas muy activas como de baja actividad geodinámica.

Los datos reflejados en la cartografía son el resultado de un reconocimiento general realizado mediante la interpretación de fotografías aéreas y la realización de recorridos de campo, por lo cual se trata de una estimación preliminar y orientativa de los principales procesos geodinámicos activos del territorio. Consiguientemente, la información aportada tanto en el mapa como en la memoria, no exime de la necesidad legal de realizar los estudios pertinentes en cada futuro proyecto ni debe ser utilizada directamente para la valoración económica de terrenos o propiedades de cualquier clase.

Igualmente, ha de tenerse presente que a la escala de trabajo carecen de representación algunos fenómenos claramente perceptibles sobre el terreno. Sirva de ejemplo la nutrida red de arroyos y cañadas de las áreas montañosas, afectadas por procesos erosivos y, al menos temporalmente, de sedimentación e inundación: los primeros son representables mediante el correspondiente símbolo de incisión lineal, pero la escala no permite una representación areal de los segundos.

Dentro de la Hoja de La Isabela existe una gran variedad en cuanto a la naturaleza de los procesos activos, habiéndose detectado actividad sísmica, neotectónica, por procesos de erosión, inundación y sedimentación, y antrópica.

### **6.1 Actividad sísmica**

La Española se sitúa en un contexto geodinámico de límite entre las placas litosféricas Norteamericana y Caribe, cuyo desplazamiento relativo este-oeste origina, en última

instancia, la actividad sísmica; siendo éste uno de los procesos activos más relevantes que afectan el país. Actualmente, existe un consenso en reconocer las principales estructuras tectónicas de la isla y que éstas están relacionadas con el desplazamiento relativo entre las placas litosféricas citadas.

El hecho de que la isla La Española (Hispaniola) esté localizada en el mismo borde del frente de subducción, que define la zona de interacción entre la placa tectónica de Norteamérica y la placa tectónica del Caribe, provoca que toda la isla, pero especialmente la región septentrional, constituida por el valle del Cibao, la cordillera Septentrional y la costa Atlántica, sea considerada como de muy alto riesgo sísmico. (Cámara Petrolera de la Rep. Dominicana, 2005)

Si bien los rasgos generales son conocidos, el estudio de detalle de la actividad sísmica en la República Dominicana tropieza con una cierta escasez de datos. Los registros históricos y instrumentales son pocos y no pueden considerarse definitivos.

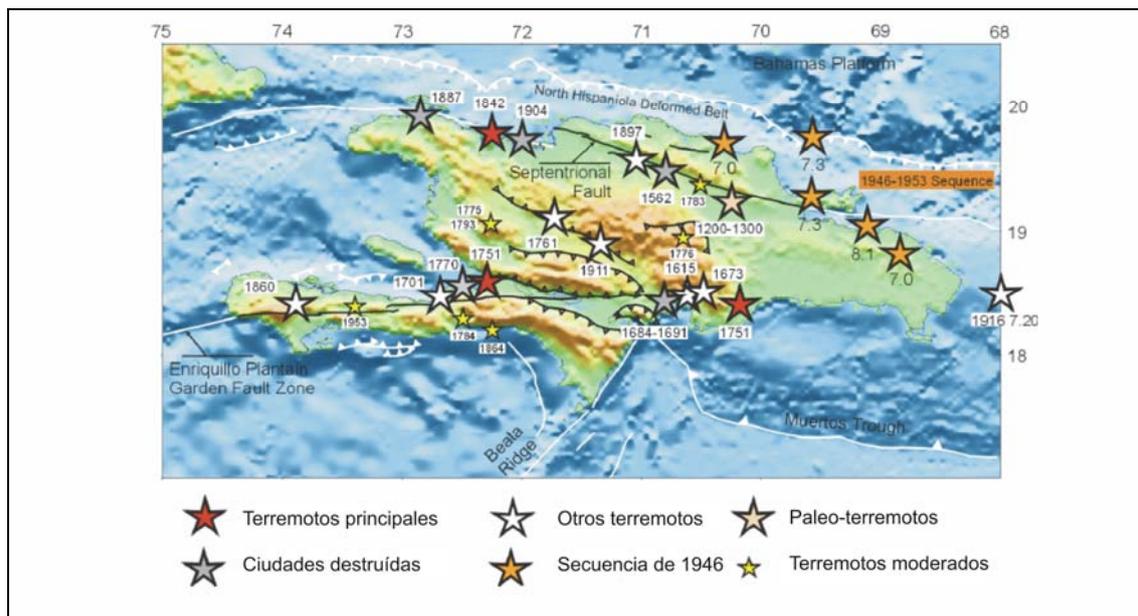


Fig. 6.1. Sismicidad histórica en La Española anterior a 1960 (En Calais, 2008)

El registro histórico se inicia con la llegada de los españoles el siglo XV lo que limita su ámbito a los últimos 500 años, a diferencia de otras zonas del planeta donde el registro histórico abarca un milenio (Europa, Oriente Medio) o, excepcionalmente, varios milenios, como es el caso de China.

El registro instrumental también tiene graves inconvenientes. La Red Sísmica de la República Dominicana es extremadamente reciente (1998) y su registro, por tanto, muy parco. Los registros existentes más antiguos provienen, en su mayor parte, de agencias situadas fuera del territorio dominicano, por lo que solo se han registrado los eventos con magnitudes lo suficiente grandes para ser registradas por redes alejadas, o en el caso de magnitudes pequeñas, los que quedan bien cubiertos por las redes sísmicas de otros países cercanos como es el caso de la red puertorriqueña que cubre la zona oriental de la República Dominicana.

Para la elaboración del presente trabajo se ha accedido a las siguientes fuentes y bases de datos: RSND Red Sísmica Nacional Dominicana, IPGH (Instituto Panamericano de Geografía e Historia), PRSN (Red Sísmica de Puerto Rico), MIDAS (Middle American Seismograph Consortium). El periodo cubierto ha sido 1505-2003. En la Hoja 1:100.000 de La Isabela se han localizado 4 epicentros. Cabe señalar que debido a la calidad del registro las localizaciones epicentrales deben tomarse como meras aproximaciones ya que el error de posición es de orden kilométrico.

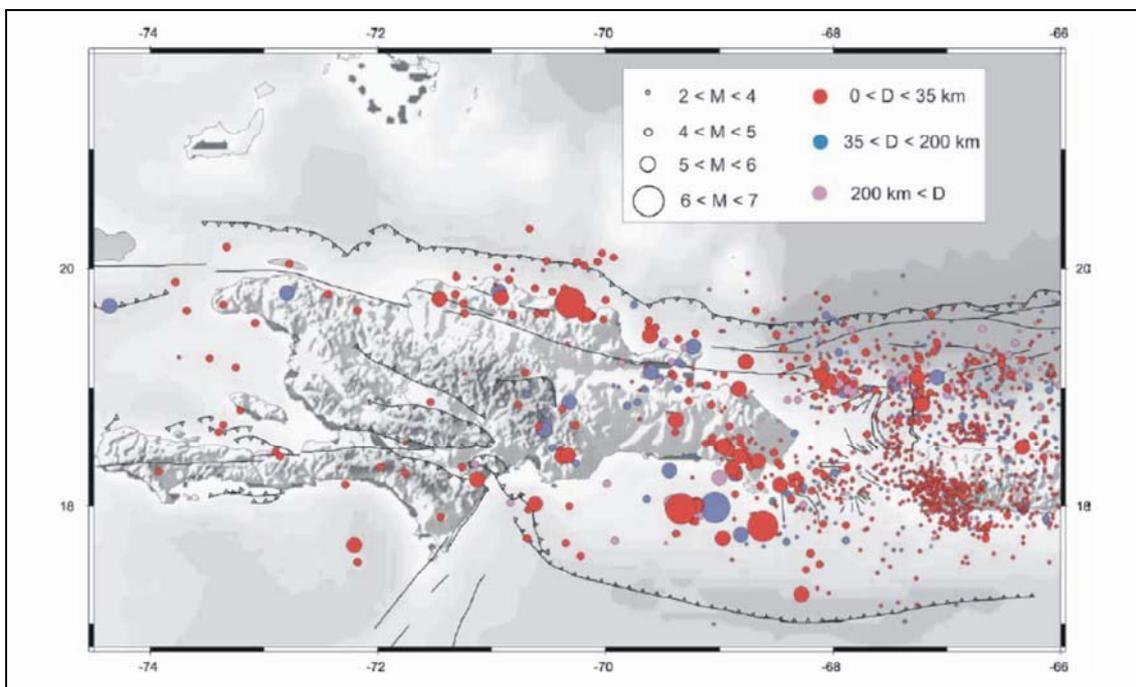


Fig. 6.2. Sismicidad instrumental de La Española (1972-2002). Catálogo NEIC-USGS (En Calais, 2008)

Dos de los epicentros se encuentran en la placa Norteamericana, bajo el Atlántico, los otros dos en las estribaciones septentrionales de la Cordillera, en las inmediaciones de la llanura del río Ciénaga. Los de mayor foco son los que se han producido en la corteza oceánica. Curiosamente la mayoría de epicentros se sitúan sobre la llanura de inundación del río Yaque del norte siendo claramente minoritarios los situados sobre la Cordillera Septentrional sin embargo parece existir un relación directa entre la situación morfoestructural y la profundidad de los focos de los sismos. Así los situados en la Cordillera Septentrional y algunos de las inmediaciones de esta presentan profundidades comprendidas entre 20 y 60 km mientras que la práctica totalidad de los que aparecen sobre la llanura aluvial sitúan sus focos a profundidades inferiores a 20 km.

Si se considera el registro histórico, la práctica totalidad de la Hoja queda incluida en la isosista de intensidad VII del terremoto del 22 de diciembre 2003, cuyo epicentro se localizó muy cerca de Puerto Plata y afecto al norte de la isla. Para el sismo de magnitud 8.1 del 4 de agosto de 1946, la mitad occidental de la Hoja se encuentra en la isosista V, y la otra mitad en la isosista VI.

#### 6.1.1 Tsunamis

Los tsunamis son olas de grandes dimensiones u olas sísmicas marinas, causadas por un movimiendo súbito a gran escala del fondo marino, debido mayoritariamente a terremotos y, en escasas ocasiones, a deslizamientos, erupciones volcánicas o explosiones de origen antrópico.

Los tsunamis difieren de otros peligros sísmicos en el hecho que pueden causar daños serios a miles de kilómetros de las fallas causativas. Una vez que son generados son prácticamente imperceptibles en el mar abierto, donde la altura de su superficie es menos de un metro. Viajan a velocidades muy grandes, hasta 900km/hr, y la distancia entre cresta de ola y otra puede ser hasta de 500km. A medida que las olas se acercan a aguas de poca profundidad, la velocidad del tsunami disminuye y la energía se transforma en altura de ola que a veces alcanza alturas de hasta 25m; pero el intervalo de tiempo entre olas sucesivas permanece sin cambio y es generalmente de entre 20 y 40 minutos. Cuando los tsunamis se aproximan a la línea de costa, el mar suele retraerse a niveles mucho más bajos que la marea baja y luego crece como una ola gigante.

Los efectos de los tsunamis pueden ser grandemente amplificados por la configuración de la línea de costa local y el fondo marino. Dado que no existe una metodología precisa para definir estos efectos, es importante examinar el registro histórico para determinar si una sección particular del litoral ha sido afectada por tsunamis y qué elevación alcanzaron. Debe remarcarse, que debido a la fuerza de la ola, la inundación puede llegar a una elevación bastante mayor que la cresta de la ola en la línea de costa.

La costa de la Hoja de La Isabela esta expuesta a los tsunamis tal como atestigua el registro histórico existente MORA (2003). Las costas Haitianas y Dominicanas han sido afectadas por Tsunamis en diversas ocasiones: 1842 (Cap Haïtien-Monte Cristi), 1887 (Cap Haitien), 1904 ( $M_s \geq 6.5$ ,  $I_{mm} = IX$  Port-de-Paix), 1947-48-49 ( $M_s = 8.1$ ,  $I_{mm} = X-XI$  El Cibao).

#### 6.1.2 Paleosismicidad

En el Valle Del Yaque del norte se han descrito diversas generaciones de estructuras de escape de fluidos y diques clásticos afectando sedimentos cuaternarios, concretamente en siete emplazamientos en los aluviones cuaternarios de la Llanura del Río Yaque entre Guayubin y Castañuelas, lo que indicaría procesos de licuefacción recurrentes Tuttle et al (2003). Dichas estructuras son interpretadas como producto de fuertes movimientos del terreno de origen sísmico. Tuttle et al (2003) correlacionan uno de los diques con el sismo de 1897. Las relaciones estructurales y estratigráficas combinadas con las dataciones de radiocarbono indican tres generaciones de figuras de licuefacción desde A.D 390. Las edades medidas en el substrato se ubican entre 6490 y 5930 años B.P. Según Tuttle et al (2003) los diques clásticos superiores se produjeron probablemente durante el terremoto de 1842.

En las descripciones históricas de los terremotos de 1642, 1842, 1897 y 1946 se describen fenómenos de grietas o fisuras de suelos, hundimiento de edificios y subsidencias de suelos Scherer (1912) señala subsidencias de superficie y grietas cerca de Guayubin durante el terremoto de 1897. En el valle central del Cibao, Martitia P. Tuttle. et Al (2003) señalan registros de tectónica activa cuaternaria en una trinchera en la SFZ (sector de Jaibón en la Hoja del Mamey) con a un dique clástico arenoso a lo largo de un plano de falla. Las dataciones con radiocarbono revelan la formación de estas figuras de licuefacción durante una ruptura de la Zona de Falla Septentrional (ramal Circa) A.D. 1200 en depósitos Holocenos.

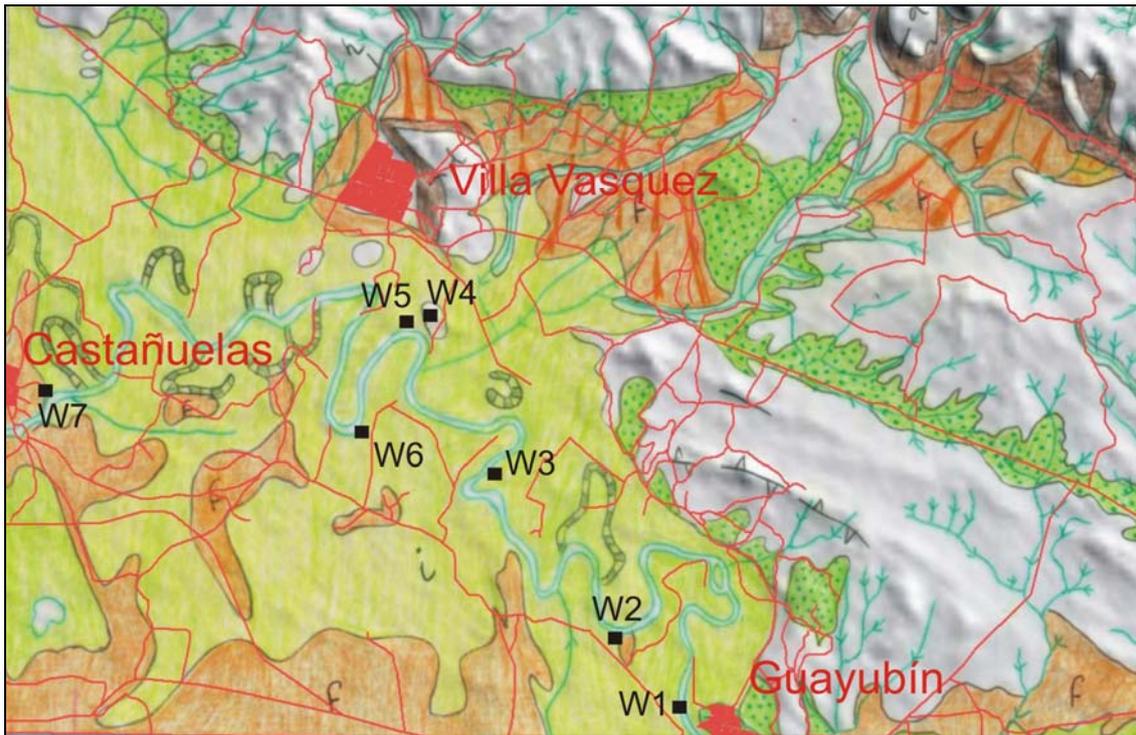


Fig. 6.3. Fragmento del mapa geomorfológico 1:100.000 de La Isabela mostrando los lugares de ocurrencia (W1-W7) de fenómenos de licuefacción identificados por Tuttle et al. (2003)

## 6.2 Tectónica activa

En una región donde la tectónica activa es evidente, sorprende que las formas originadas por ella sean menos de las previsible, por lo que se refiere a los principales sistemas de fallas en relación con la Hoja de La Isabela; probablemente esto es consecuencia de la elevada velocidad de erosión y de la cubierta vegetal de las sierras, factores que sin duda enmascaran rápidamente algunas de dichas formas, como los escarpes producidos por las fallas. Sin embargo el rastro de la Zona de Falla Septentrional SFZ tiene características geomorfológicas típicas de las fallas activas transcurrentes.

La conocida tectónica activa y sismicidad de la Cordillera Septentrional y del valle del Cibao tiene su primera referencia importante dentro del contexto del límite de placas, en el trabajo de Mann et al. (1984), y posteriormente, en algunos de los trabajos de Calais y colaboradores. Más recientemente, el Volumen Especial (Nº 326) editado en 1998 por la Sociedad Geológica Americana (Dolan y Mann 1998) y la Penrose Conference de 1999 en Puerto Plata (Mann et al. (1999), suponen una completa puesta al día en esta materia.

La Zona de Falla Septentrional (Septentrional Fault Zone SFZ), que cruza el área densamente poblada del Valle de Cibao, constituye, la expresión más importante del sistema de fallas transcurrentes activas y capaces en la República Dominicana. Se entiende por falla activa aquella que afecta a materiales holocenos o incluso cuaternarios según diversos criterios Gonzalez de Vallejo (1980). Los criterios más conservadores consideran activas aquellas fallas con actividad manifiesta en los últimos 2 millones de años. De forma similar al concepto de falla activa se utiliza el de falla capaz en el sentido de su capacidad de ser activa. Se entiende por falla capaz aquella que presenta deformación de edad cuaternaria o sismicidad asociada e incluso relación estructural con otra falla activa.

La Falla Septentrional y sus satélites son las más representativas en el ámbito de la hoja. De hecho la Falla Septentrional representa un segmento de una gran falla transformante que limita por el norte, el surco de Caimán.

En la Hoja de la Isabela la falla Septentrional aparece segmentada en diferentes ramales que parecen más activos en dirección sur. Así, utilizando la misma nomenclatura de Mann et al., (1998), la falla que este autor identifica con el frente montañoso discurre muy al norte por el interior de la cordillera y que considera prácticamente inactiva. Al sur de ésta se reconocen, ya dentro de los materiales de la cuenca, las fallas de Montecristi y Villa Vazquez, por este orden, con una traza muy neta que refleja una actividad si no actual, sí al menos muy reciente. Por último, los citados autores proponen que el ramal activo de la falla Septentrional discurre por el interior de la cuenca del Cibao semioculta por los depósitos cuaternarios y con un trazado poco definido que pasa aproximadamente al sur de Navarrete, Esperanza y Villa Vázquez y se prolonga hacia el oeste hasta alcanzar la costa por algún punto situado al norte de la localidad de Pepillo Salcedo (Cuadrante geomorfológico de Monte Cristi).

#### 6.2.1 Movimientos horizontales

La ausencia de marcadores regionales impide un cálculo riguroso de los desplazamientos laterales, relativos o absolutos, producidos a favor de la falla Septentrional; aún así, algunos autores han realizado algunas estimaciones a partir de correlaciones diversas. Por ejemplo, Eberle et al., (1982) justifican un desplazamiento superior a 100 km a partir de la correlación de depósitos aluviales auríferos; y Erikson et al., (1998), deducen un desplazamiento posterior al Mioceno entre 55 y 125 km mediante la correlación de cuencas productoras de ámbar. A mayor escala, Pindell y Barret (1990) sugieren que la falla Septentrional ha debido acomodar una parte de los

más de 400 km de desplazamiento lateral (sinistro) ocurrido entre Cuba y La Española a partir del Mioceno inferior. Más recientemente, los estudios estratigráficos y sedimentológicos realizados en el contexto del actual proyecto sobre las Fms Cevicos/Villa Trina y Los Haitises han permitido precisar la paleogeografía de estas formaciones y a partir de ella se deduce un desplazamiento de unos 200 kms a favor de la falla Septentrional para explicar la distribución de sus facies (Braga, 2010).

La cartografía de la traza cuaternaria de la falla Septentrional se encuentra determinada a lo largo de los 320 kilómetros de exposición subaérea y sus extensiones en alta mar cerca de Haití y Puerto Rico (Mann et al., 1998; Dolan et al., 1998). El desplazamiento medido entre marcadores a ambos lados de la falla en dos localidades permiten obtener datos acerca de la tasa de movimiento horizontal para el Holoceno. Los resultados indican una tasa de 6-12 mm/año. (Prentice, 2003). Los resultados obtenidos a partir de datos GPS indican una tasa de  $12,8 \pm 2,5$  mm/año (Calais, et al. 2002).

### **6.3 El rol de los ciclones tropicales en los procesos activos.**

Los ciclones tropicales pueden producir vientos, olas extremadamente grandes y extremadamente fuertes, tornados, lluvias torrenciales (que ocasionan inundaciones y corrimientos de tierra) y también pueden provocar marejadas ciclónicas en áreas costeras. Se desarrollan sobre extensas superficies de agua cálida y pierden su fuerza cuando penetran en tierra. Esa es una de las razones por la que las zonas costeras son dañadas de forma significativa por los ciclones tropicales, mientras que las regiones interiores están relativamente a salvo de recibir fuertes vientos. Sin embargo, las fuertes lluvias pueden producir inundaciones y movimientos en masa tierra adentro y las marejadas ciclónicas pueden producir inundaciones extensas a más de 40 km hacia el interior dependiendo de la configuración del relieve.

Los registros de ciclones existentes en la República Dominicana comprenden desde el inicio del siglo XVI hasta la actualidad y aunque el registro puede presentar algunas omisiones, se dispone de trayectorias desde 1851 hasta la fecha. Durante el período 1851-2009 y dentro de la temporada de huracanes del Atlántico Norte, el país ha estado bajo la influencia de 32 tormentas tropicales y 44 huracanes. Esos 76 episodios ciclónicos pueden ser clasificados en cinco diferentes categorías de acuerdo a la intensidad de sus vientos, la presión central y la altura de la marea que les acompaña.

En su máxima categoría un huracán de clase 5 presenta vientos mayores de 249 kilómetros por hora o mayores, marea de tempestad superior a los 6 metros, presión barométrica mínima inferior a los 920 milibares. Sus efectos son devastadores: fallo completo de los techos, residencias y estructuras industriales, pequeñas edificaciones son levantadas por el viento, árboles y arbustos son arrancados de raíz, grandes daños a ventanas y puertas, daños considerables sobre las costas y pisos bajos de las estructuras e inundación del mar tierra adentro por debajo de los 5 metros. Se requiere evacuación masiva de los residentes próximo a las costas. Los huracanes David y Allen de los años 1979 y 1980 fueron huracanes de la categoría 5.

Desde un punto de vista morfogenético es evidente la importancia de los ciclones tropicales en la República Dominicana. La actividad asociada a movimientos de laderas, procesos de erosión, de inundación y sedimentación alcanza su máxima expresión durante estos episodios sin perjuicio que puedan darse este tipo de procesos bajo otras circunstancias pero es especialmente durante los ciclones cuando la actividad geodinámica externa alcanza niveles más elevados.

#### **6.4 Actividad asociada a movimientos de laderas**

Las elevadas pendientes existentes en la Cordillera Septentrional han originado depósitos de origen gravitacional. Se han formado gran cantidad de deslizamientos, quedando marcadas sus cicatrices de despegue. Diversos factores como la presencia de, materiales susceptibles (Fm Villa Trina) y las precipitaciones, en especial las de la temporada ciclónica, así como la ocurrencia de eventos sísmicos, condicionan esta actividad.

#### **6.5 Actividad asociada a procesos de erosión**

Alcanza su máximo desarrollo en las zonas con relieve, pues su acción es de baja intensidad en la depresión, donde predominan los procesos de inundación y sedimentación.

La principal manifestación de los procesos de erosión viene dada por la incisión lineal asociada a la actividad de los distintos ríos, arroyos y cañadas; en el caso del curso de los ríos Yaque y Bajabonico, va acompañada por frecuentes erosiones laterales del cauce causadas por su geometría meandriforme, no plasmadas cartográficamente por problemas de escala.

## **6.6 Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación**

Es la actividad relacionada con una mayor variedad de procesos, además de ser la que tiene una mayor incidencia sobre la población de forma periódica. Su origen está relacionado con la actividad fluvial, litoral, lacustre, eólica, antrópica y, en general, con cualquier tipo de proceso generador de áreas deprimidas susceptibles de ser inundadas o recibir aportes sedimentarios.

Los procesos de inundación y sedimentación actúan de forma prácticamente permanente sobre los fondos de valle de los ríos y bajo un régimen torrencial en los numerosos arroyos y cañadas de la zona, así como en los mantos de arroyada. En el caso de las llanuras de inundación, las inundaciones se producen de forma más esporádica, pero afectando a áreas de mayor amplitud; más frecuentes son las que se registran en los cauces y meandros que albergan aquellas, si bien se trata de áreas pequeñas.

Los conos de deyección y los abanicos poseen una funcionalidad menos predecible, lo que dificulta su tratamiento, pudiendo dar lugar a violentos depósitos de masas aluviales con una participación acuosa variable; con frecuencia, sus ápices coinciden con fallas activas, lo que implica que su actividad puede relacionarse con procesos climáticos y sísmicos. En el caso de algunos de los abanicos y conos de mayor envergadura, claramente han perdido su funcionalidad, lo que no implica que su superficie no quede sometida a inundaciones ante la densa red de incisión que se ha desarrollado sobre ella. Un ejemplo catastrófico de la actividad de los abanicos aluviales de baja pendiente fue ofrecido por el paso del huracán Georges en 1.998, que sepultó todo su ámbito de influencia bajo un manto de lodo y agua.

La actividad en el litoral es manifiesta en relación con los canales de marea, las marismas y las playas, como áreas sometidas a constantes procesos de inundación y sedimentación. Aunque menos perceptible, también es un hecho en las playas y en el cordón litoral, si bien el cinturón de dunas queda a salvo de inundaciones, excepción hecha de la llegada eventual de algún tsunami al litoral.

Aunque ajenas a la actividad de las mareas, también las llanuras mareales abandonadas son susceptibles de sufrir inundaciones, bien por una invasión marina provocada por tormentas violentas o mareas excepcionales o bien por los aportes del

río Yaque en eventos de gran magnitud. También son susceptibles de sufrir encharcamientos, por causas diversas, las pequeñas lagunas colmatadas o desecadas cercanas al litoral.

El Río Yaque del Norte merece una especial atención. La cuenca hidrográfica del río Yaque del Norte es la de mayor extensión (6,964 km<sup>2</sup>) en la República Dominicana y la segunda en el orden poblacional.

Su caudal máximo medio anual es de 389.87 m<sup>3</sup>/seg, y el promedio de caudales máximos anuales es de 695.5 m<sup>3</sup>/seg, 885.22 m<sup>3</sup>/seg, 951.42 m<sup>3</sup>/seg, 1175.09 m<sup>3</sup>/seg, y 1,429.4 m<sup>3</sup>/seg para periodos de retorno de 10, 20, 25, 50, y 100 años, respectivamente (PNORHI, 1994).

En la cuenca del río Yaque del Norte se han desarrollados varios proyectos hidráulicos (presas y embalses) que permiten la laminación de avenidas hasta cierto periodo de retorno (de 1 en 300 o 500 años), pero no son suficientes para el caso de avenidas como las provocadas por los huracanes David y Georges y la tormenta Federico.

Históricamente, el río Yaque del Norte sufre importantes inundaciones, principalmente en su parte baja, afectando zonas de gran potencial agrícola y comunidades, así como también sus líneas vitales.

Para tener un conocimiento preciso y veraz de las inundaciones que se producen en la cuenca del río Yaque del Norte se ha elaborado recientemente un catálogo con todas las acontecidas entre los años 1968 y 2008 en el marco del proyecto *“Mapa de riesgo hidrogeológico en la cuenca del río Yaque del Norte”* NATRISK (2009). Aunque conscientes de la importancia histórica de las mismas, el proyecto centra el período de análisis en un período de 40 años, al existir una mejor y más detallada información. Sólo se han analizado las inundaciones producidas por factores climáticos. Aquellas otras ocasionadas por factores geomorfológicos (obstrucción de cauces por procesos de vertiente, características litológicas de la cuenca), factores hidrológicos (rotura de márgenes por dinámica fluvial, morfología del sector inundable), o humanos (incorrecto manejo o rotura de presas, deforestación, obstrucción de cauces por vertederos u obras de infraestructura, falta de limpieza...), no se han computado ante una generalizada falta de información a este respecto.

Dicho catálogo se ha realizado a partir del análisis de todas las publicaciones ya existentes que han recopilado información referente a inundaciones y otros desastres naturales en la República Dominicana, si bien sólo se han computado aquellos casos de inundación en los que se ha visto afectada la cuenca del río Yaque, bien de forma exclusiva o bien de forma conjunta con otros territorios de la isla. Situaciones meteorológicas extremas que han podido ocasionar graves daños en otras regiones del país, no se han incluido en el catálogo.

El catálogo considera un total de 149 episodios para la totalidad de la cuenca del Yaque lo que da una media aproximada (3,72) de 4 eventos de inundación al año.

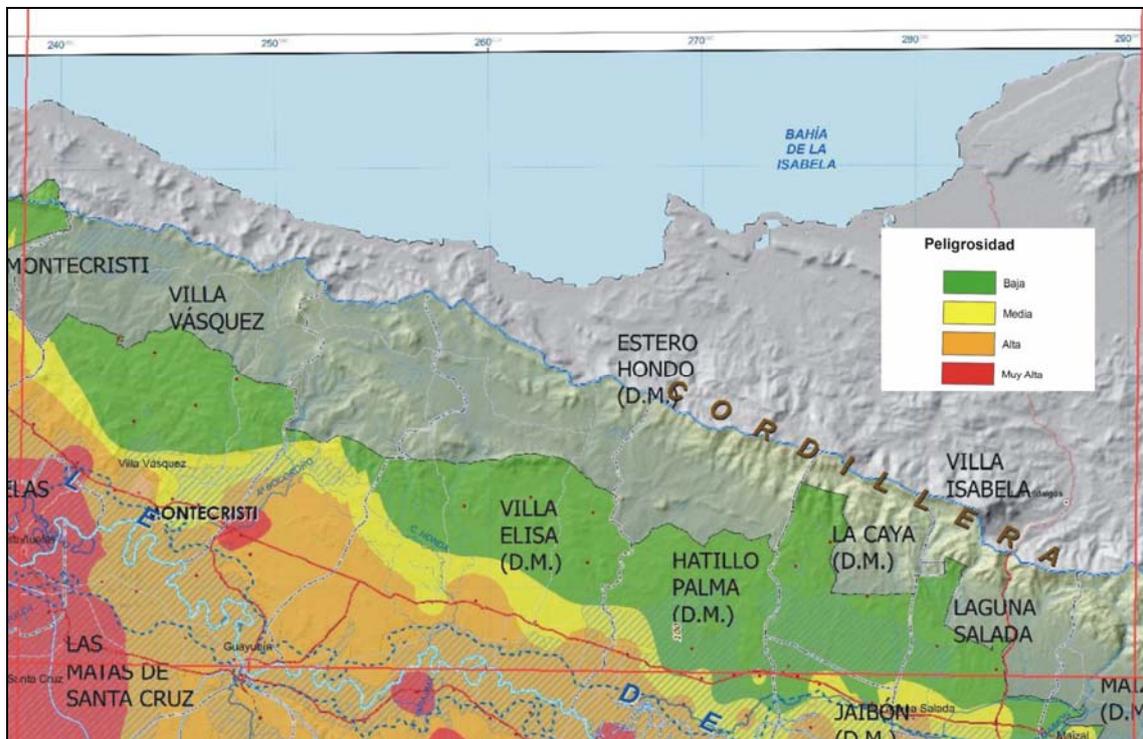


Fig.6.4. Peligrosidad o Amenaza de inundación en la cuenca del Yaque Norte en el ámbito del Cuadrante 1:100.000 (5975) La Isabela (Fuente: NATRISK, 2009)

### 6.7 Actividad antrópica

Ya que la cartografía no contempla los procesos relacionados con las formas de origen antrópico que aparecen plasmadas en la base cartográfica, su representación es mínima pese a su indudable desarrollo en las áreas más pobladas, en las que se producen modificaciones prácticamente continuas en relación con la red de comunicaciones, el desarrollo urbano, etc.

## 7. REFERENCIAS CITADAS

- BERNARDEZ RODRIGUEZ E. (2004)** : Mapa geológico a 1:50 000 de Mao (5974-I). Hoja y Memoria. Programa SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. ProyectoK. Consorcio IGME-BRGM- INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- BRAGA, J.C. (2010).** Informe sobre las Formaciones Arrecifales del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto 1B. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo, 73 pp.
- BULL, W. B. (1977)** The alluvial fan environments. *Progress in Physical Geography*, 1, 222-270.
- CALAIS, E. (2008).** Risque Sismique en Haïti: Fondements Scientifiques et Nature du Risque. Conferencia de Puerto Príncipe.
- CALAIS, E., MAZABRAUD, Y, MERCIER DE LÉPINAY, B., MANN, P., MATTIOLI, G. Y JANSMA, P. (2002):** Strain partitioning and fault slip rates in the northeastern Caribbean from GPS measurements. *Geophysical Research Letters*, v.106, 6, 1-8.
- CÁMARA MINERA PETROLERA DE LA REP. DOMINICANA (2005):** Desastres naturales y emergencias. Conferencia presentada en el Seminario Internacional. DE LA FUENTE, S., (1976): *Geografía Dominicana*. Ed. Colegial Quisqueyana S.A., Instituto Americano del Libro y Santiago de la Fuente sj; Santo Domingo, 272 p.
- DOLAN, J. F., MANN, P., (1998).** *Sociedad Geológica Americana Volumen Especial* (Nº 326).
- 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 strikeslip and collisional tectonics of the northern Caribbean Plate boundary zone. *Special Paper - Geological Society of America*, 326, p. 1-61.
- EBERLE W., HIRDES W., MUFF R., PELAEZ M. (1982)** : The geology of the Cordillera Septentrional (Dominican Republic). 9a Conferencia Geologica Del Caribe. Santo Domingo, República Dominicana. *Memorias*, vol 2, p. 619-629.

**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.

**GONZALEZ DE VALLEJO (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.

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

**MANN, P., PRENTICE, C., BURR, G., PEÑA, R., TAYLOR, F. W. (1998).** Tectonic geomorphology and paleoseismology of the Septentrional fault system, Dominican Republic. En: *Active Strike-Slip and Collisional Tectonic of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone* (DOLAN, J. F., MANN, P., Eds.). Geological Society of America Special Paper, N° 326.

**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

**MORA, S. (2003):** Enjambre sísmico en la República Dominicana. 22 de septiembre de 2003. <[http://www.eeri.org/lfe/pdf/dominican\\_republic\\_SismosRD-22-09-03actualiz-S-Mora.pdf](http://www.eeri.org/lfe/pdf/dominican_republic_SismosRD-22-09-03actualiz-S-Mora.pdf)>

**NATRISK (2009)** Mapa de riesgo hidrogeológico de la Cuenca del río Yaque. República Dominicana. Natural Risk Research Group. Univ. De Valladolid. PNUD. Proyecto 00050116 “Unidad de Coordinación Técnica del Programa de Prevención y Preparación Ante Desastres”.

**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.

**PNORHI (1994)** Plan Nacional de Ordenamiento de los Recursos Hidráulicos. INDRHI. Rep. Dominicana.

**PRENTICE, C., (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.

**SCHERER, J. (1912).** Great Earthquakes in the island of Haiti, *Bull. Seism.Soc. Am.*2, 161-180.

**SYSMIN K** SYSMIN 7 ACP DO 024 de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Proyecto K. Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

**TUTTLE, M. P.; PRENTICE, C. S. DYER-WILLIAMS, K. ; PEÑA, L. R. ; BURR, G, (2003)** Late Holocene Liquefaction Features in the Dominican Republic A Powerful Tool for Earthquake Hazard Assessment in the Northeastern Caribbean. *Bull. Seismological. Soc. Of America*, Vol. 93, 1, pp. 27-46.

**WESSON, R.L., HELLEY, E.J., LAJOIE, K.R., AND WENTWOTH, C.M., (1975).** Faults and future earthquakes, in Borcherdt, R.D., ed., *Studies for seismic zonation of the San Francisco Bay region*: E.S. Geol.Survey. Prof. Paper 941 a, pp. 5-30.