



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

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

ESCALA 1:100.000

BONAO

(6172)

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

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada en el periodo 2009-2010 por Informes y Proyectos S.A. (INYPSA), formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA, dentro del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, Proyecto 1B, con normas, dirección y supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN), 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 (TYPSA) 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 (SGN)

- Ing. Santiago Muñoz

- Ing. María Calzadilla

- Ing. Jesús Rodríguez

Se quiere agradecer de forma expresa al geólogo Alberto Díaz de Neira la estrecha colaboración mantenida con el autor del presente trabajo; sus ideas y sugerencias sin duda han contribuido notablemente a mejorar la calidad del mismo.

1.	INTRODUCCIÓN	6
1.1	Metodología	6
2.	DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA.....	10
3.	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.....	14
3.1	Estudio morfoestructural.....	14
3.1.1	Formas estructurales	19
3.2	Estudio del modelado	20
3.2.1	Formas gravitacionales.....	21
3.2.2	Formas fluviales y de escorrentía superficial.....	22
3.2.3	Formas poligénicas.....	26
3.2.4	Formas por meteorización química.....	29
3.2.5	Formas antrópicas	29
4.	FORMACIONES SUPERFICIALES	31
4.1	Formaciones fluviales y de escorrentía superficial	31
4.1.1	Terrazas medias-altas (12) y bajas (13). Cantos, gravas y arenas. Pleistoceno-Holoceno (a).....	31
4.1.2	Llanura de inundación (17). Limos con niveles de cantos y arenas. Holoceno	32
4.1.3	Gravas, bloques, arenas y limos. Abanicos aluviales (d). Holoceno	32
4.2	Formaciones por meteorización química.....	33
4.2.1	Terra Rosa, arcillas de descalcificación (g). Pleistoceno-Holoceno	33
4.3	Formaciones poligénicas	33
4.3.1	Arenas y arenas limosas con niveles de cantos y gravas. Piedemontes, glacis. (e). Pleistoceno-Holoceno.....	33
5.	EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA.....	35

6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO.....	40
6.1 Actividad sísmica	40
6.2 Tectónica activa.....	42
6.3 El rol de los ciclones tropicales en los procesos activos.....	43
6.4 Actividad asociada a procesos de erosión.....	44
6.5 Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación .	44
6.6 Actividad asociada a litologías especiales	47
6.7 Actividad asociada a movimientos de ladera	47
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. (INYPESA), 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 TYPSA) y la supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN) 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 Bonao (6172). Durante la realización de la Hoja Geomorfológica a escala 1:100.000 de Bonao (6172) se ha utilizado la cartografía geológica de las 4 hojas a escala 1:50.000 elaborada durante el presente proyecto: Hatillo (6172-I), Villa Altagracia (6172-II), Arroyo Caño (6172-III), Bonao (6172-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 no ha sido complementada con recorridos de campo al tratarse de una reinterpretación de datos ya existentes.

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 (SGN) 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 Bonao (6172). 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: Hatillo (6172-I), Villa Altagracia (6172-II), Arroyo Caño (6172-III), Bonao (6172-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 Geomorfolología (Análisis morfológico y Evolución e historia geomorfológica).

2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

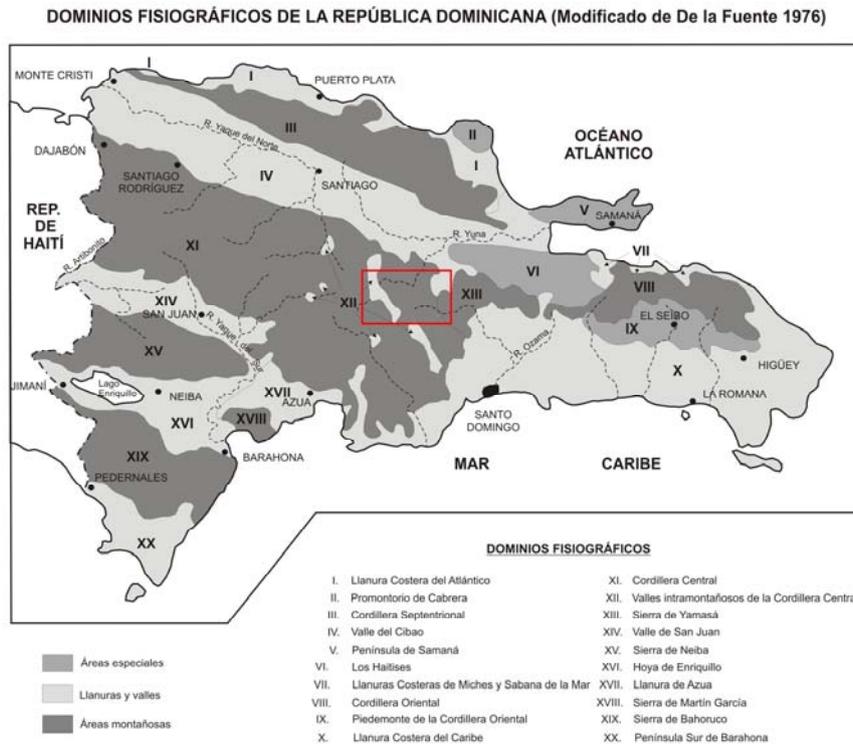


Fig. 2.1 Dominios fisiográficos de la República Dominicana y situación de la Hoja a escala 1:100.000 de Sánchez. Modificado de De la Fuente (1976)

La Hoja de Bonao se sitúa en el seno de la Cordillera Central, concretamente al Sudeste de la Cordillera Central y en la parte Oriental de la Sierra de Yamasá, que constituye un pequeño ramal de la cordillera que une la Cordillera Central con la Cordillera Oriental. La Hoja constituye un área de tránsito entre los relieves acusados que se desarrollan al Oeste, en la zona interior de la Cordillera Central, y los relieves intermedios que caracterizan la vertiente oriental del mismo.

Entre los relieves de la Cordillera Central y los de la Sierra de Yamasá se encuentran una serie de cuencas intramontanas como son las de Bonao, Arroyo Caña, Villa Altagracia y Zambrana, constituidas por depósitos cuaternarios.

Las elevaciones más importantes de la Hoja corresponden a los relieves de la Cordillera Central, que constituyen una banda de 4-5 km de anchura, que va de N a S, al Oeste de la Hoja. Esta banda da un fuerte resalte morfológico. El punto más alto de

esta banda tiene una cota de 1621 m. y está situado al Oeste de la zona de estudio, al Sur de Arroyo Colorado. Las líneas de cumbres y picos destacados oscilan entre los 900 m y los 1300 m, encontrándose hacia el SO los más elevados. Así, destacan el Firme Morroy, 1437 m, Firme de la Yerbabuena, 1307 m., Loma La Demajagua, 1236 m., Loma Piyoyo, 1270 m., Loma de la Balsa, 1200 m., Loma la Bola, 1.000 m. y Loma El Morrote, 900 m.

Otra banda de fuertes resaltes morfológicos, aunque sus cotas en valor absoluto no sean tan altas, es la constituida por las elevaciones Loma Caribe, Loma La Peguera y Loma de los Siete Picos, que destacan en el paisaje y surcan la Hoja de NO a SE. Esta banda está constituida por los relieves más destacados en la mitad Septentrional de la Hoja y por los relieves más llamativos en la mitad meridional.

Las elevaciones más significativas son, de SE a NO, los 934 m. de la Loma Los Siete Picos, 800 m. de Loma Mariana Chica, 600 m. de Loma Piedroso, 682 m. De Loma El Perro, 600 m de Loma Leonora, 664 m. de La Guardarraya, 650 m. de Loma La Peguera, 500-545 m. de Loma El Corozal y 425 m. de Loma Caribe.

El Batolito de la Yautía, también incluido en el Cordillera Central, representa una amplia meseta cuyas altitudes máximas se encuentran alrededor de los 1100-1200 m., con algún pico que los supera, como Cerro Montoso, 1402 m. Otras alturas importantes son la Loma del Torito, La Cuesta de la Vaca o la Loma El Toro.

Existe otra banda que ocupa gran parte de la zona Centro Meridional de la Hoja, de dirección NO-SE, cuyas elevaciones máximas rondan los 900 m. Hacia el E sus relieves máximos van descendiendo hasta enlazar con la cuenca de Villa Altagracia.

La zona NE de la Hoja está formada por los relieves medios de la Sierra de Yamasá. Aquí las altitudes máximas se encuentran entre los 300 y los 500 m., salvo excepciones como las del Pico de la Naviza, con 680 m., Loma La Cuaba, con 577 m. y Loma El Rayo, con 570 m. Las zonas de cotas más bajas en valores relativos corresponden a las cuencas cuaternarias de Arroyo Caña, 600 m., Villa Altagracia, 200 m., Bonao, 170 m y Zambrana, 86 m., pero en valores absolutos corresponden a los valles de los ríos Guanuma y Yamasá que descienden hasta los 50 m.

El clima imperante en el ámbito de la Hoja es de tipo tropical húmedo, como en el resto de la isla, algo suavizado por la presencia cercana del mar, y en las zonas montañosas también debido a la altitud. No existen inviernos, únicamente temporada seca, o menos lluviosa, (Diciembre-Marzo) y temporada lluviosa, (Abril-Junio). Las

temperaturas medias durante el mes de Agosto oscilan alrededor de los 26°C, bajando a 24°C en el extremo SO de la Hoja, en las zonas montañosas; durante el mes de Enero las temperaturas medias se encuentran alrededor de los 22°C, bajando a 20°C en los extremos SO y NE. El promedio anual de temperaturas máximas no varía excesivamente entre los diferentes puntos de la Hoja, estando aquél entre los 30,3°C y los 31,4°C. La media de temperaturas mínimas oscila entre los 20,5°C y los 22,5°C, excepto en la estación meteorológica de Rancho Arriba, al SO de la Hoja, que es de 13,6°C. Los máximos pluviométricos anuales se encuentran en la zona Centro-Sur de la Hoja, con 2.250 mm, bajando hacia el E-NE, a 2000 mm y hacia el SO, a 2000, 1750 y 1500 mm, justo en el extremo SO.

La media de días de lluvia anuales varía desde 126,0 en Yamasá, al SE de la Hoja, pasando por los 151- 153 al NE y NO, para alcanzar los 173,0 en el área de Rancho Arriba, al SO.

El territorio de la Hoja de Bonao participa de cuatro cuencas hidrográficas, que son las de los ríos Yuna, Ozama, Nizao y Maimón; de ellos la cuenca del Yuna ocupa más de la mitad Norte de la Hoja, la del Río Ozama cubre una extensa área al E y SE, la del Río Haina se encuentra en la zona Centro-Sur y la del Nizao se sitúa en el área SO.

El Río Yuna, que desagua al NE de la isla en la bahía de Samaná, tiene su cabecera al O de la zona de estudio en el Batolito de la Yautía y sigue su curso por el área NO y N de la misma. Recoge las aguas de una serie de arroyos que proceden del O como son: Río Masipetro, Arroyo Higuero, Arroyo Yaso, Arroyo Corbimato, Arroyo Toro, Río Piedra y Río Tireo, entre otros. Del área Norte proceden arroyos como Arroyo Cañabón, Arroyo Grande, Río Yujo y Río Cabir Mar, entre los más destacados. Del Sur proceden las aguas del Río Yuboa que recoge a su vez los cursos de pequeños arroyos como los del río Juma, Arroyo Sanador, Arroyo Cercado, Arroyo Atravesado, Arroyo Ancho, etc. El Río Maimón por su parte recibe las aguas de pequeños arroyos, entre los que destaca el río Leonora, para unirse al Río Yuna hacia el Norte de la Hoja. Asimismo vierten al Yuna por el área NE de la Hoja los Ríos Maguaca y Río Chacuey.

Además de los valles cuaternarios, entre los que el más importante es el del Río Yuna, se encuentran incluidos en esta cuenca hidrográfica las cuencas de origen tectónico, de materiales cuaternarios de Bonao y de Zambrana, ambas al norte de la zona de estudio, la primera hacia el O y la segunda hacia el E.

El Río Ozama parte de los relieves de la Formación Siete Cabezas, de las lomas de Piedroso y Palo Bonito, al que se unen un conjunto de cursos secundarios, que recorren la Hoja de estudio hacia el E y SE, entre los que se pueden citar los ríos Isabela, Higuero, Guanama, Leonora, Yamasá y Verde.

Los principales tributarios del Río Haina, al Sur de la zona de trabajo, que vierte sus aguas al mar Caribe, son el Río Guanamito y el Río Básima. En este área se sitúa la cuenca de Villa Altagracia que presenta amplias extensiones de materiales cuaternarios, dispuestos en un conjunto de superficies de terrazas, planicies aluviales y fondos de valle.

En términos generales los cursos hidrográficos presentan cauces estrechos y encajados, propios de zonas de cabecera, con escasos depósitos de fondo de valle. Los cursos se canalizan a favor de valles intramontañosos que consecuentemente tienen la misma dirección NO-SE que las principales alineaciones montañosas, aunque en ocasiones el trazado pueda ser más anárquico, dependiendo de la litología del sustrato. No obstante, se encuentran determinadas zonas donde los valles se ensanchan y dan lugar a un destacado desarrollo de formaciones superficiales, como ocurre con determinados tramos de los ríos Yuna, Banilejo, Nizao, Guanama, Yamasá, Haina y Ozama. En algunos casos los cauces se encajan en cuencas de origen tectónico que previamente habían recibido un importante acúmulo de depósitos en un régimen cerrado, como sucede con las cuencas de Bonao, Zambrana, Arroyo Caña y Villa Altagracia.

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.

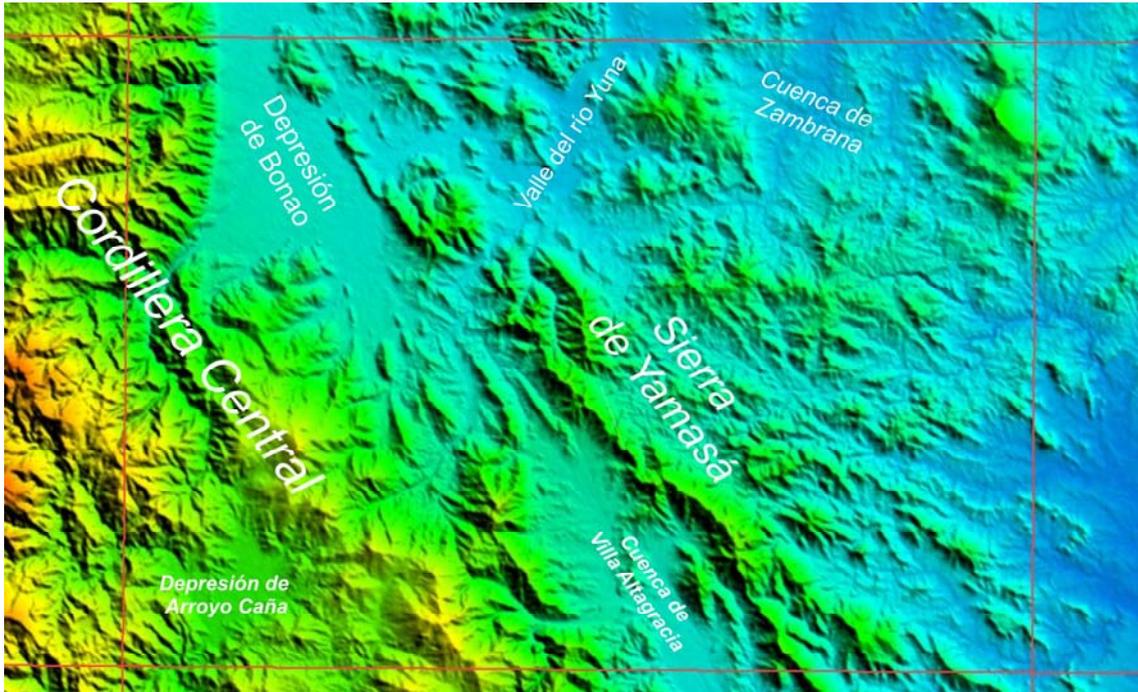


Fig. 3.1 Modelo Digital del Terreno mostrando las principales unidades morfoestructurales de la Hoja a escala 1:100.000 de Bonao (6172). (Fuente MDT: SRTM)

3.1 Estudio morfoestructural

Los tres grandes dominios morfoestructurales que constituyen la Hoja de Bonao son los relieves acusados y medios de la Cordillera Central, los relieves medios de la Sierra de Yamasá y los depósitos y zonas deprimidas de las cuencas y valles cuaternarios. Aproximadamente la mitad del territorio está ocupada por los relieves de la Cordillera Central, otro 30% puede estar cubierto por los depósitos cuaternarios y un 20%, aproximadamente, lo cubre las estribaciones de la Sierra de Yamasá.

Además de por el sustrato geológico la geomorfología de la Hoja está condicionada por la estructura tectónica de la misma. Existen una serie de fallas y cabalgamientos, entre los que los más destacados son los cabalgamientos de Bonao y

Hatillo, de edad Cretácico superior- Eoceno, de dirección NO-SE, que son paralelos a las grandes estructuras de la Cordillera Central, o de dirección N-S, en el caso del cabalgamiento de Bonao, que condicionan el relieve de la Hoja.

Posteriormente la tectónica de desgarres, activa en la isla desde el Mioceno superior hasta la actualidad (Mann et al., 1991b) reactiva algunos de estos accidentes y genera otros nuevos de direcciones próximas a E-O (ONO-ESE y OSO-ENE), además de las norteadas y NO-SE y NE-SO. Gran parte de los cursos fluviales siguen en la actualidad dichas directrices .

Dentro de los relieves de la Cordillera Central los más acusados corresponden a la franja O constituida por los materiales de la Formación Tireo y a otra franja, separada de ésta por la cuenca del Bonao, de dirección NO-SE., constituida por las rocas de las Formaciones de Loma Caribe y de Siete Cabezas, Complejo Río Verde y Peralvillo Sur.

La Formación Tireo consiste en un conjunto de rocas resistentes, que presentan una red muy encajada, con laderas de cientos de metros, de muy fuertes pendientes y con crestas muy agudas. La red, de aspecto dendrítico, sigue fundamentalmente las líneas estructurales de tendencia E-O (ONO-ESE y OSO-ENE); hacia el Sur de la Hoja las direcciones N-S empiezan a predominar, conforme la estructuración del sustrato.

Se aprecia un brusco escalón morfológico entre estos relieves y los de la cuenca de Bonao, prácticamente horizontales.

Los relieves de Loma Caribe-Loma La Peguera están formados así mismo por rocas muy resistentes, que dan un fuerte resalte en el paisaje. Las aristas muestran un marcado control estructural por lo que deben considerarse crestas, llevando, las más destacadas, una dirección NO-SE. La formación Peralvillo Sur, adosada a estos relieves presenta las mismas características estructurales. La red hidrográfica, muy encajada, con laderas de fuertes pendientes, suele llevar direcciones predominantes NO-SE, ONO-ESE y OSO-ENE. La red es bastante más abierta, menos densa, que en el caso de la Formación Tireo.

La Formación Siete Cabezas también está formada por rocas muy duras, que originan también fuertes relieves, y presentan las mismas características, en cuanto a control estructural de la red y crestas, que en los casos anteriores, salvo que aquí quizá la red es algo más apretada y dendrítica.

La franja representada por el Complejo Río Verde mantiene a grandes rasgos la estructuración general NO-SE, aunque exhibe una distribución de los elementos fisiográficos más anárquica que las bandas adyacentes. Este fenómeno se acentúa en las áreas ocupadas por cuerpos ígneos relativamente masivos, donde la red de drenaje tiende a establecerse de forma más radial.

La parte centro-occidental de la Hoja está ocupada por rocas plutónicas, que constituyen el denominado Batolito de La Yautía (Bowin 1960, 1966 y 1975). La distribución de los diversos elementos del relieve es bastante anárquica en este sector destacando varias elevaciones principales más o menos aisladas, (Loma Cerro Montoso, Loma Los Chicharrones, Loma El Toro, Loma Pío y Loma la Resbalosa), que alcanzan cotas comprendidas entre 1000 y 1500 m, a partir de las cuales se desarrolla de forma radial la red de drenaje y consecuentemente los interfluvios. La morfología de la red es de tipo dendrítico con una densidad media, distribución característica en áreas con litologías muy homogéneas.

En el sector suroccidental de la Hoja se distinguen los materiales del Complejo Duarte, constituyendo un área estructurada de acuerdo con la dirección NO-SE general de la cadena. El Complejo Duarte incluye varios stocks de tonalitas foliadas elongados de forma subparalela a la esquistosidad regional (NNO-SSE a NO-SE), cuya presencia se manifiesta en el relieve por la disposición radial de la red de drenaje a partir del centro de los cuerpos intrusivos.

Dentro de los relieves de la Sierra de Yamasá, la mitad Norte de la Hoja, interrumpida en su parte central por la depresión de Zambrana, está ocupada por los depósitos de la Formación Los Ranchos.

Esta formación está constituida por una serie de miembros que están formados fundamentalmente por rocas masivas, bastante resistentes a la erosión, especialmente en todo el área de Loma La Cuaba, donde la silicificación es muy fuerte. Este afloramiento de Loma La Cuaba es más o menos circular, con un punto central ocupado por una superficie de erosión a unos 500 m. de altitud de la que parte una red de arroyos en disposición radial. En la parte NE puede ocurrir algo similar, pero no tan marcado, con la Loma La Naviza, adoptando la red una disposición dendrítico-radial. Las pendientes en toda la Formación Los Ranchos se encuentran entre el 10% y el 30%, excepto en algunas laderas en donde pueden ser más fuertes, superando el 30%. El relieve no obstante es algo más abrupto y menos alomado que en el resto de la Sierra de Yamasá.

Una franja de extensión significativa y dirección NO-SE es la ocupada por la Formación Maimón, de edad Cretácico Inferior, constituida fundamentalmente por materiales más blandos. Excepto en zonas de altas cumbres en cuyas laderas las pendientes son superiores al 30%, en el resto del afloramiento el relieve se presenta muy alomado, con pendientes suavizadas de entre 10 y 30%, con valles en V no excesivamente pronunciados y donde una serie de arroyos siguen las directrices NO-SE; los esquistos pueden estar a veces bastante alterados dando suelos arcillosos de hasta 1 o 2 metros.

La Formación Peralvillo Norte, en el área centro-oriental de la Hoja, se encuentra flanqueada por cabalgamientos y está constituida por tobas y coladas, predominantemente andesíticas. Los relieves son también alomados y los cursos de agua siguen asimismo las estructuras ENE-OSO.

Al E de la formación anterior se encuentran los depósitos sedimentarios del Terciario de la Formación Don Juan. Son limolitas, areniscas, calizas y conglomerados subordinados. Son materiales relativamente blandos dando relieves alomados, con pendientes entre el 10 y el 30%; en alguna zona los niveles de calizas pueden dar pendientes superiores al 30%. Aquí también la red hidrográfica sigue direcciones aproximadas a la E-O y también NO-SE y NE-SO. A menudo se observan suelos de tonos pardos o marrones de hasta 2 m.

La Formación Las Lagunas, de edad Cretácico superior, localizada asimismo en los relieves medios de la Sierra de Yamasá, está también constituida, como la anterior, por limolitas, areniscas, calizas y conglomerados. El relieve es similar al del caso anterior, dando lugar a suelos arcillosos. La red lleva direcciones predominantes NO-SE y NE-SO.

Las formaciones de Calizas de las Cañas y Calizas de Hatillo que se encuentran al N de la Hoja en pequeños afloramientos, a menudo dan lugar a pequeños cerros que destacan sobre el relieve, con pendientes superiores al 30%.

En la Cuenca del Bonao, al NO de la Hoja y en los valles del Río Yuna y del Río Cabir Mar, al norte, la red discurre formando amplios meandros sobre un sustrato blando, de depósitos detríticos. Las zonas llanas de fondos de valle, planicies aluviales y terrazas bajas están flanqueadas por glacis que con suaves pendientes articulan los relieves más acusados con las llanuras holocenas.

El área Noreste de la Hoja está ocupada por la cuenca de Zambrana constituida por sedimentos pleistocenos, fundamentalmente limosos, cortados por la

red actual, algo encajada; los ríos más importantes del área son el Chacuey y el Maguaca, ambos de la cuenca del Yuna. Los cauces son estrechos, con escasos depósitos de fondo de valle, no presentan terrazas y el trazado de la red de arroyos presenta un aspecto dendrítico. La pendiente de la cuenca oscila entre el 5 y el 10%, presentando una suave inclinación desde los bordes hacia el centro de la misma. Algunos arroyos también siguen las directrices estructurales, con direcciones norteadas y NO-SE y NE-SO.

La depresión de Arroyo Caña, al SO de la Hoja, ocupa una superficie de unos 20 km². Corresponde en su mayor parte al ensanchamiento del valle del río Banilejo hasta su convergencia con el río Nizao y se encuentra a una altitud comprendida entre 700 y 660 m. Su relleno se articula esencialmente a partir del depósito de terrazas.

En el área Centro-Sur de la Hoja se encuentra el valle del río Guanamito, que junto con los valles del Básima y Haina constituye la cuenca de Villa Altagracia, consistente en una extensa depresión alargada, con dirección NNO-SSE. Está caracterizada por el desarrollo de un conjunto de glaciais y depósitos, a veces correlativos, de terrazas. Se sitúa por debajo de la cota de 280 m.

Otras pequeñas cuencas cuaternarias son las de los ríos Yamasá y Guanuma al SE de la Hoja, en donde se registra un acúmulo destacable de materiales cuaternarios.

Salvo en las cuencas citadas, la red hidrográfica de la Hoja muestra cursos encajados y estrechos característicos de zonas de cabecera.

En la Hoja las únicas formas conservadas, directamente relacionadas con procesos endógenos, son de origen estructural y se describen a continuación.



Fig.3.2 Principales unidades Morfotectónicas de La Española según Draper y Lewis (1991).

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 sólo descubren y modelan sobre un patrón preestablecido.

Las formas estructurales con mayor significación en la Hoja son las crestas. Dentro de los relieves de la Cordillera Central las más desarrolladas corresponden a la franja constituida por las rocas de las Formaciones de Loma Caribe y de Siete Cabezas, Complejo Río Verde y Peralvillo Sur.

Otras formas estructurales con presencia en la Hoja son las fallas con expresión morfológica. Bajo este epígrafe también se encuentran incluidas otras estructuras como los cabalgamientos. Existen una serie de estructuras de edad Eoceno (Lewis et al., 1991) de direcciones NO-SE, que tienen un claro reflejo morfológico con abruptos desniveles y desarrollo local de facetas triangulares; así ocurre con las fallas NO-SE que flanquean la Formación Loma Caribe, o las que flanquean la formación Siete Cabezas, o con los cabalgamientos de Hatillo, que coincide en gran parte con aristas, y de Bonao, que marca un fuerte cambio de pendiente, más tarde nuevamente reactivado por una falla normal. Como se ha señalado previamente, hay un conjunto de direcciones estructurales en la Hoja que se corresponden con la tectónica de desgarres que comienza a funcionar a partir del Mioceno Superior (Mann et al, 1991a,b). Numerosos cursos de agua han aprovechado estas líneas de debilidad para discurrir por ellas.

La cuenca de Bonao se encuentra flanqueada por fallas supuestas con expresión morfológica que marcan claramente su origen tectónico. La falla supuesta N-S que pone en contacto la Formación Tireo con los depósitos de la cuenca de Bonao parece podría haber jugado recurrentemente, con la misma dirección que el cabalgamiento de Bonao, pues las partes apicales de los abanicos coalescentes, formados a partir de los relieves de la Formación Tireo, aparecen truncadas.

3.2 Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Cordillera Central, la Cordillera Septentrional, los relieves estructurales de los Haitises y la llanura aluvial del río Yuna tiene como resultado una expresión geomorfológica sensiblemente diferente. Así, el modelado de las Cordilleras es el producto de una larga evolución presidida por los procesos geodinámicos internos (ígneos y tectónicos) acaecidos a lo largo del periodo Cretácico-Terciario, generadores de relieves positivos, sobre los que han actuado, con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o modelado de dichos relieves, destacando los de carácter fluvial y poligénico.

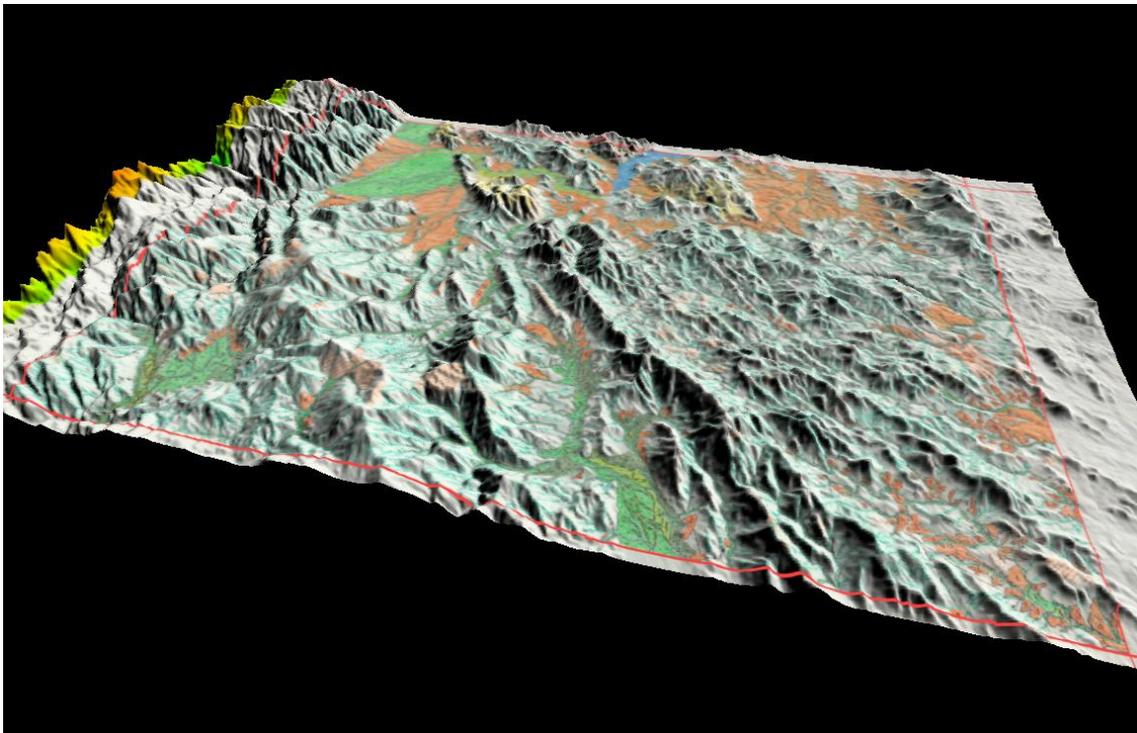


Fig. 3.3. Bloque diagrama mostrando los rasgos principales del modelado geomorfológico de la Hoja a escala 1:100.000 de BONA0. (Mapa Geomorfológico de la Hoja de BONA0 sobre MDT SRTM 90m. Para la Leyenda consultar la propia Leyenda del Mapa Geomorfológico.)

En este apartado se describen las formas cartografiadas en el mapa geomorfológico, tanto erosivas como de acumulación, que han sido originadas por la acción de los procesos externos. Se desglosan de acuerdo con los fenómenos que las originan y en los depósitos se aportan datos referentes a su extensión, potencia, disposición espacial y relación con otras formas.

Las formas con depósito, todas ellas de edad cuaternaria están relacionadas, casi en su totalidad, con la dinámica fluvial. Los depósitos de mayor extensión corresponden a los depósitos de glaciares de acumulación de las cuencas de Bonao y Zambrana seguidos por los depósitos aluviales y terrazas relacionados con la evolución de los ríos Yuna, Nizao, Banilejo, Básima, Haina y Guanamito, fundamentalmente.

3.2.1 Formas gravitacionales

Las formas acumulativas en laderas distinguidas en la Hoja corresponden a deslizamientos (a) y coluviones (b).

Los deslizamientos se presentan de forma muy dispersa y puntual a lo largo de la Hoja, especialmente a la escala cartográfica. Constituyen formas de dimensiones moderadas con extensión deca a hectométrica y potencias de varios metros. Su génesis está relacionada con la existencia de litologías arcillosas derivadas de la alteración del sustrato y de elevadas pendientes y está favorecida por la presencia de agua en el subsuelo.

La litología viene derivada de la naturaleza del sustrato, desarrollándose principalmente sobre tonalitas foliadas muy meteorizadas y en pendientes de pronunciadas a medias. Su granulometría corresponde predominantemente a grandes bloques y gravas englobados por arenas y limos.

En algún caso como el del situado al Oeste de Bonao, en el contacto entre la Formación Tireo y el glacis, la cicatriz dejada, con forma de cuchara, está muy marcada.

Por su relación con el relieve actual se han incluido en el Holoceno.

Pese a las considerables elevaciones y desniveles existentes en la Hoja, los coluviones son, junto con los deslizamientos, uno de los depósitos cuaternarios con menor representación, sin que se haya observado ningún representante digno de mención.

Aparecen puntualmente en la laderas de los valles de los ríos Nizao, Yuboa y Yuna mientras que en las vertientes del Maimón y del Banilejo adquieren un mayor desarrollo; también se pueden observar en las cabeceras del Guanama y el Májiga. En planta presentan una extensión hectométrica y su potencia es de orden métrico. Se desarrollan en pendientes pronunciadas a medias.

Son depósitos de reducido espesor y de litología muy variable, directamente influida por la composición de los relieves circundantes. Generalmente predominan los cantos subangulosos heterométricos incluidos en una matriz areno-arcillosa. Su potencia es de orden métrico.

Constituye un depósito de nula a muy baja organización como consecuencia de su escaso transporte.

Por su relación con el relieve actual se asignan al Holoceno.

3.2.2 Formas fluviales y de escorrentía superficial

Son las formas con mejor representación cartográfica de toda la zona. Su cartografía permite asimismo y de forma complementaria una detallada caracterización de la red de drenaje. Las formas fluviales que se han distinguido en la Hoja corresponden a fondos de valle (c), planicies de inundación (d), terrazas bajas (f) y medias-altas (e) y conos de deyección / abanicos aluviales (g).

Los fondos de valle representan los depósitos más ligados a los cauces actuales. Se distribuyen por toda la Hoja de acuerdo con la estructuración de la red. Desde el punto de vista cartográfico, su gran desarrollo longitudinal contrasta con la escasa anchura que presentan, desde 2-3 m a como máximo 10 m, reflejando el acusado encajamiento de la red fluvial. Su potencia raramente supera los 5 m.

Adquieren cierta relevancia en la cuenca de Bonao y en el valle del Yuna, siendo estos depósitos de mayor entidad que los que se encuentran sobre las restantes formaciones. Así, cuando los cursos de agua recorren los fuertes relieves de la Formación Tireo o las formaciones Loma Caribe o Siete Cabezas, van muy encajados, los depósitos son muy estrechos y sus granulometrías pueden ser muy gruesas. Sin embargo, cuando recorren los terrenos cuaternarios los depósitos presentan granulometrías menores, su anchura puede alcanzar centenares de metros, su curso es meandriforme y son típicos los canales entrecruzados (tipo "braided").

La granulometría de los fondos de valle está constituida fundamentalmente por gravas gruesas y cantos acompañados por arenas, limos, lutitas y bloques.

La litología de los clastos está en función del sustrato existente en las cabeceras de los ríos y relieves circundantes a los valles. De esta forma en las cuencas de los ríos Yuna, Nizao, Masipetro y Blanco una proporción destacada de sus clastos corresponden a rocas procedentes de la serie volcanosedimentaria de la Fm. Tireo.

En las cuencas del Maimón, Guanamito y Haina predominan los cantos de esquistos y rocas volcánicas del Complejo Duarte y Fm. Siete Cabezas a lo que hay que añadir una proporción destacada en clastos de tonalitas foliadas.

En la cuenca del Yamasá corresponden a esquistos y rocas ígneas del complejo Río Verde y en menor medida a materiales basálticos de la Fm. Siete Cabezas y esquistos y rocas volcánicas de las Fms. Maimón y Peralvillo Sur.

En las cuencas del Banilejo y del Mahoma predominan los cantos de tonalitas no foliadas, gabros y gabro-noritas de la Yautía; así se podrían dar muchos ejemplos de cómo la composición de los clastos va directamente unida a las litologías del entorno, máxime en esta Hoja en la cual la mayoría de ríos se encuentran en los tramos de cabecera.

La mayor o menor proporción de granulometrías gruesas en los cauces va en función de su proximidad a los grandes relieves. Así, por ejemplo, los ríos que provienen de los relieves de la Formación Tireo, al O de la Hoja, como el Yuna, Blanco, Masipetro, etc.. pueden llevar con relativa frecuencia bloques subredondeados de 1-2 m. Lo mismo ocurre con ríos próximos a los relieves de la loma Siete Cabezas, como es el caso de las cabeceras de los ríos Ozama, Sin, Los Martínez etc.

En las áreas más llanas las granulometrías más gruesas están comprendidas entre los 5 y 25 cm y sus bordes están redondeados. En algunos casos si la litología circundante son limos o rocas muy alteradas, las granulometrías dominantes son las arenas y los limos.

El grado de encajamiento también es variable, pues en los grandes relieves puede alcanzar decenas o incluso cientos de metros y en las áreas de rellenos de cuenca o depósitos de glaciares el grado de encajamiento puede ser de 1 a 4 m.

Como estructuras sedimentarias se han podido ver gradaciones positivas, estratificaciones cruzadas e imbricaciones de cantos.

Los depósitos de planicie de inundación corresponden a zonas anegables durante las crecidas estacionales. En la Hoja tienen una representación destacable en los valles del Yuna, Río Haina y Río Nizao, y de forma más localizada en los ríos Río Guanamito, Básima, Maimón, Maguaca y Chacuey. A menudo estas planicies se caracterizan por tener una red trezada con multitud de brazos inactivos en aguas bajas.

La llanura de inundación del curso del Río Yuna, que recorre gran parte del Norte de la Hoja con dirección de O a E, es la que más desarrollo alcanza en la Hoja y en la que son muy frecuentes los canales entrelazados.

En otros ríos, en los que sus llanuras son también destacables, existe, a diferencia del caso anterior, un cierto predominio de los limos sobre las arenas y las gravas; este es el caso de los ríos Nizao, Haina y su principal afluente, el Guanamito.

Los depósitos de terrazas se han reconocido en la mayor parte de los cauces de la red principal. Se encuentran ampliamente representados al NO de la Hoja, constituyendo gran parte de la cuenca de Bonao. Lo mismo sucede con la cuenca de Arroyo Caña, al SO, especialmente en el valle del Banilejo o en la cuenca del Haina. También poseen un desarrollo longitudinal destacable en las márgenes de los ríos Yuboa, Maimón, Guanamito, Mahoma, Yuna, Guanuma, Ozama y Pantoa. En otros cursos de la red secundaria también pueden aparecer terrazas de forma aislada.

Se han agrupado en dos conjuntos de acuerdo con su posición respecto al cauce, representando los diferentes grados de descenso del nivel de base: terrazas bajas que comprenden los niveles inferiores, con cotas de +1-5 m sobre el curso actual, y terrazas medias-altas que incluyen todas aquellas que se encuentran descolgadas de los cauces alcanzando cotas relativas de hasta +40 m. No se observan buenos cortes, estimándose su potencia en unos 5 a 15 m.

Los conos de deyección y abanicos aluviales tienen escasa representación cartográfica. La mayoría de ellos se forman en los puntos de confluencia de estrechos arroyos con los valles principales, debido al descenso de energía de la corriente; esto ocurre p.e. en los arroyos que confluyen con el Río Grande, o los del Río Yujo, el Río Yuboa, en los bordes de la cuenca de Arroyo Caña, etc... en ocasiones, la proximidad entre fuentes de aporte da lugar a coalescencia de varios conos. Otros, que se les podría considerar abanicos, por su mayor envergadura, se forman fundamentalmente en arroyos que vienen de relieves con una fuerte pendiente y llegan bruscamente a zonas llanas en donde los arroyos ya no necesitan ir encajados; esto sucede con particular frecuencia junto a la falla de Bonao que ha ido funcionando en distintos momentos, dando así sucesivas formaciones de abanicos.

Los tamaños de conos y abanicos sólo alcanzan cientos de metros de radio y sus potencias no suelen superar los 10-15 m.

A grandes rasgos se trata de depósitos de gravas heterométricas y cantos de composición condicionada por el área madre, que puede ser volcánica, plutónica o metamórfica, englobados en una matriz areno-arcillosa.

Entre las formas erosivas fluviales destacan las directamente relacionadas con el encajamiento de la red, como es la incisión lineal. Esta no es excesivamente importante, generando relieves intermedios de laderas con pendientes entre el 10 y el 30%; únicamente en algunas cumbres las laderas superan el 30%. En el conjunto de la Hoja la red tiene una disposición dendrítica, no muy apretada, aunque localmente pueda ser paralela o radial. Los interfluvios muestran formas consecuentes con el comportamiento de la red, siendo habitualmente alomados y de formas suavizadas; solamente en el tercio Sur de la Hoja a veces los interfluvios se presentan como aristas más o menos pronunciadas.

Las formas fluviales sin depósito más notorias son aquellas que están en relación más directa con el encajamiento de la red. De ellas la incisión lineal es la más frecuente. En zonas de fuertes relieves, como pueden ser los de la Formación Tireo al O, o los de Loma Caribe-Loma Peguera en el Centro, estas incisiones aparecen muy encajadas, con laderas de pendientes muy acusadas, bastante superiores al 30% y marcando valles en V; presentan un evidente control estructural. Lo mismo ocurre sobre materiales de origen sedimentario, volcánico y volcanosedimentario (Fms. Siete Cabezas, Peralvillo Sur y Norte, Don Juan, Esquistos de Maimón y Complejos Duarte y Río Verde) que muestran una mayor incisión y estructuración que sobre substratos constituidos por rocas plutónicas (dioritas, gabro-noritas de la Yautía y tonalitas foliadas y no foliadas) donde se establece una orografía más suavizada y una disposición del drenaje de tendencia más radial.

En los relieves intermedios la incisión es menos marcada, las laderas se disponen con pendientes inferiores, entre el 10% y el 30% y su recorrido es algo más dendrítico, pero también con un marcado carácter estructural.

En las zonas de depósitos cuaternarios la fisonomía cambia totalmente, los valles son bastante más anchos, meandriformes, con depósitos y recorren superficies con pendientes inferiores al 10% o al 5%; la red también aparece algo encajada, pero en mucha menor medida y el control estructural parece mucho menor.

Los interfluvios muestran formas consecuentes con el tipo de relieve e incisiones, así, en las áreas de relieves acusados aparecen abundantes aristas

pronunciadas, mientras que en las áreas con menor pendiente los interfluvios son claramente alomados.

La mayoría de cauces muestran escarpes importantes en sus márgenes denotando la celeridad de los procesos de encajamiento.

Los fenómenos de erosión lateral del cauce ocurren especialmente en zonas llanas, donde los ríos configuran un aspecto meandriforme y donde los terrenos son más blandos, fácilmente erosionables, como pueden ser los glaciares o sustratos muy alterados. Esto sucede, por ejemplo, en la cabecera del río Verde o en los tramos centrales de los ríos Yuna y Maguaca.

En algunas áreas de pendientes medias y laderas alomadas que se desarrollan sobre sustrato de rocas plutónicas se observan formas generadas por arroyada en regueros o sin cauce definido que reflejan las fases iniciales de incisión de la red.

La generación de cabecera de cárcavas se produce mayoritariamente en las partes altas de las laderas de pendientes elevadas y sobre sustratos muy meteorizados de distintas formaciones.

Finalmente los saltos de agua se desarrollan fundamentalmente en las zonas donde se encuentran los principales relieves y los mayores desniveles.

3.2.3 Formas poligénicas

Se incluyen en este grupo las formas cuya morfogénesis puede atribuirse a la acción simultánea o sucesiva de más de un proceso morfogenético.

Los glaciares son las formas poligénicas de acumulación distinguidas en la Hoja. De ellos se han diferenciado dos tipos: de acumulación (i) y de ladera (h).

Los glaciares de acumulación se localizan predominantemente en la mitad Norte de la Hoja. Sólo los depósitos del Sur y Oeste de la cuenca de Bonao junto a los de la cuenca de Zambrana ocupan más de 100 km².

Su superficie, a menudo erosionada, presenta suaves pendientes que articulan los relieves de las sierras con las zonas deprimidas. En algunos casos especialmente en la cuenca de Bonao o en la Zambrana, al NO y NE respectivamente, representan abanicos aluviales coalescentes, que en algún caso, como en Bonao, han perdido sus zonas apicales por tectónica activa y que en sus zonas más distales corresponden a rellenos de cubeta, siendo luego en el Holoceno incididos por la red de drenaje actual.

En la mitad Norte, además de en las mencionadas cuencas, se disponen a lo largo de las márgenes de los ríos Yuna, Maimón, Margagito y Sin.

En la mitad Sur aparecen exclusivamente en la margen izquierda del río Guanamito y entre los ríos Yamasá y Pantoa donde registran una extensión considerable, de orden hectométrico a kilométrico; poseen potencias notables, a veces próximas a los 30 m. Se desarrollan a cotas comprendidas entre 10 y 40 m sobre los cauces actuales y presentan una cierta correlación con las terrazas altas.

Su granulometría está constituida por arenas y limos con pasadas de formas lenticulares de gravas y cantos. En las zonas distales la proporción de limos es muy elevada, casi exclusiva, con porcentajes de arcilla. En las zonas apicales, particularmente las cercanas a fuertes relieves, la proporción de cantos y bloques se incrementa bastante; así, p.e. en los depósitos próximos a la Formación Tireo, al O de la Hoja, se observan bloques de hasta 1-1,5 m. subangulosos-subredondeados y cantos relativamente abundantes, de 20-30 cm.

Asimismo, en el área de Bejuco Aplastado, también al O, se aprecian grandes bolos de leucogabros subredondeados-redondeados de 60-70 cm. y gravas gruesas frecuentes de 5-6 cm., envueltos en una matriz limo-arcillosa de tonos rojizos. En otros lugares de facies intermedias los cantos alcanzan únicamente los 6-7cm.

Los tonos de los limos son pardo-rojizos o pardo-amarillentos dependiendo del área fuente.

La composición global de los depósitos también es variable en función de su área madre, sea ésta volcánica, plutónica o metamórfica.

Sus máximas potencias visibles pueden alcanzar los 15-20 m., excepto el del O de Bonao que puede llegar a 80-100 m., en su zona central. En el caso de los glaciares de ladera su potencia raramente sobrepasa los 15m.

Los depósitos muestran una mayor organización que los glaciares de ladera observándose localmente una organización moderada, con estratificación cruzada e imbricación de cantos.

El encajamiento de la red fluvial actual con respecto a estos depósitos ha sugerido su inclusión en el Pleistoceno; no obstante, la tasa erosiva observada en relación con los últimos huracanes en la isla (David, Georges), invita a no descartar que los niveles más bajos puedan corresponder al Holoceno.

Los glacis de ladera son bastante comunes reconociéndose en las cabeceras y valles de los ríos Guanamito, Básima, Haina, Isabela, Guanuma, Máyiga, Leonora, Yamasá, Pantoa, Ozama, Banilejo, Mahoma, Yuboa, y Maimón. Se concentran en las partes bajas de las laderas y constituyen formas acumulativas de moderada extensión que tienden a adoptar una disposición longitudinal subparalela al cauce. Su potencia raramente sobrepasa los 15 m.

Como formas poligénicas no deposicionales se han diferenciado distintas formas, entre las que las más representativas son las superficies de erosión. De este modo se pueden observar, con una dirección en conjunto NO-SE, coincidente con las estructuras generalizadas de la cadena, una serie de superficies de erosión escalonadas a distintas altitudes, disminuyendo éstas de O a E. La de mayor altitud en la Hoja, al O de la misma, de la que sólo quedan algunos retazos, ocupa localmente las principales líneas de cumbres apareciendo como ensanchamientos y rellanos en las aristas principales a cotas comprendidas entre 1300 y 1500 m. Otras superficies más bajas se desarrollan en la parte Centro-Oeste de la Hoja, a las cotas de 1000-1100 m y 800-900 m reconociéndose en algunos lugares muy disectadas.

Más hacia el centro, también con una orientación NO-SE, se encuentra una superficie muy desmantelada que se preserva localmente en la línea de cumbres de la Loma de los Siete Picos y en Loma La Peguera, manifestándose como un rellano desarrollado entre los 600 y 700 m de altitud. Más hacia el NE, también muy desmantelada, aparece a modo de relictos en algunas líneas de cumbres como pueden ser las de La Naviza, a una cota de alrededor de 600 m., o Loma La Cuaba, con una altitud de unos 540 m.

Otras superficies más bajas se distribuyen de forma inconexa por toda la Hoja y pueden agruparse en los siguientes intervalos de cotas: 300-400 m, correspondiendo a superficies relictas en aristas de elevaciones intermedias, 200-300 m definiendo superficies muy disectadas desarrolladas en posiciones medias y bajas de las laderas y 100-150 m, apareciendo de forma aislada en la parte oriental de la Hoja y presentando una posible correlación con los depósitos de glacis de acumulación existentes en la cabecera del Yamasá.

Los cambios bruscos de pendiente se relacionan con distintos procesos genéticos. Los casos más frecuentes en la región parecen revelar la presencia de relictos de antiguas superficies de erosión muy desfiguradas y disectadas. En otras ocasiones el cambio de pendiente se localiza a pie de cresta y probablemente define bordes externos de terrazas muy desmanteladas.

Dentro de estas formas poligénicas se han señalado también sendas zonas, en las partes altas de Loma La Peguera y Loma Caribe, de alteración laterítica que actualmente están siendo objeto de explotación por la empresa Falconbridge para la extracción de ferroníquel.

3.2.4 Formas por meteorización química

Las formas kársticas adquieren un escaso desarrollo en la Hoja circunscribiéndose al extremo Norte-Centro de la misma, junto al embalse de Hatillo. Corresponden a algunos mogotes, dolinas y a rellenos de depresiones kársticas.

Al N de la Hoja, en las proximidades del embalse de Hatillo y a ambos lados del Río Cabir Mar, se desarrollan en los relieves de Loma Blanca, Loma de Los Brazos, La Bócara, etc..., sobre las calizas de la Formación Las Cañas, y al Oeste de Colorado o en la Loma de Jenjibre, en la Formación de Las Calizas de Hatillo, un conjunto de mogotes, también denominados torres o pináculos, con formas hemiesféricas, que representan un estado relativamente avanzado de karstificación, típico de las zonas tropicales, donde el karst evoluciona con bastante rapidez.

Se ha detectado la formación de dolinas en estas zonas, también al Norte de la Hoja, localizadas en Loma Blanca y Loma de Los Brazos. Se instalan sobre las calizas de la Formación Las Cañas, con formas alargadas con dirección NO-SE o de contorno irregular lobulado. Constituyen depresiones de escasa profundidad y fondo plano.

El relleno de depresiones kársticas (j) es destacable, en dos pequeños fondos de dolina, en la zona de Ermita La Altigracia, sobre la Formación calizas de Las Cañas. Consiste en arcillas y limos rojizos, debido a la presencia de óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, producto de la decalcificación de las calizas.

Su espesor se desconoce debido a las limitaciones de observación si bien debe ser de orden métrico.

3.2.5 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).

Si se ha señalado un área en el mapa que corresponde a una zona de vulnerabilidad a la contaminación minera pues debido a las explotaciones de la Mina Rosario los pequeños arroyos procedentes de la zona de labores mineras que van a desembocar al Arroyo Margajito y del mismo modo este arroyo, aparecen fuertemente contaminados con los lixiviados procedentes de los sulfuros polimetálicos.

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 ser definidas atendiendo a atributos como geometría, textura, potencia, tamaño, génesis y cronología.

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

4.1 Formaciones fluviales y de escorrentía superficial

4.1.1 Terrazas medias-altas (12) y bajas (13). Cantos, gravas y arenas. Pleistoceno-Holoceno (a).

Están constituidas por gravas finas, arenas, limos y niveles de cantos, de granulometría muy variable, que pueden alcanzar hasta los 20 cm., y excepcionalmente hasta 1m., con bordes redondeados y subredondeados. Litológicamente están constituidas por cantos y gravas en las que los componentes derivan de la composición volcánica, plutónica o metamórfica del substrato. La granulometría es muy variable, con mayoría de tamaños de orden decimétrico, pero sin que sean excepcionales los superiores a 1 m. Las arenas aparecen como una litología subordinada, con composición esencialmente litarenítica.

Como estructuras sedimentarias se observan algunas como cicatrices erosivas, bases canalizadas, gradación positiva, estratificación cruzada planar y en surco o imbricación de cantos. Su espesor, variable, suele oscilar entre 1 y 5m.

Pese a que no existen criterios determinantes sobre la edad de cada nivel, no cabe duda de que los inferiores son holocenos y los más altos, al menos en parte, pleistocenos, razón por la que en conjunto se han incluido en el Pleistoceno-Holoceno, si bien existe una gran incertidumbre en cuanto a los niveles intermedios.

Además del río Yuna tienen representación en los principales cursos fluviales de la Hoja como es el caso del río Nizao y su afluente el Banilejo, en el sector occidental de la Hoja, y del Haina y sus afluentes Guanamito y Basima donde se produce un sistema de aterrazamientos relativamente bien desarrollado. Localmente,

aunque con menos desarrollo, éstos también se dan a lo largo del río Yuboa. Ante la variedad altimétrica de los niveles de terrazas y su pertenencia a diversos sistemas fluviales, se han establecido dos grupos: terrazas bajas, en las que se incluyen los niveles inferiores, localizados en la llanura aluvial actual con cotas de +1-5m con respecto al cauce; y terrazas medias-altas, para todas aquéllas claramente descolgadas de la red fluvial actual, con cotas que llegan a alcanzar +40 m.

Los mejores afloramientos de estas terrazas se localizan en distintos puntos en distintos puntos a lo largo del cauce del río Haina y, puntualmente también, del río Guanuma, a lo largo del cauce del río Nizao y, puntualmente también, de los ríos Yuboa y Guanarito. Se observan cicatrices erosivas, bases canalizadas, estratificación cruzada planar y en surco e imbricación de cantos. Su espesor, variable, suele oscilar entre 1 y 5 m.

Pese a que no existen criterios determinantes sobre la edad de cada nivel, no cabe duda de que los inferiores son holocenos y los más altos, al menos en parte, pleistocenos, razón por la que en conjunto se han incluido en el Pleistoceno-Holoceno, si bien existe una gran incertidumbre en cuanto a los niveles intermedios.

4.1.2 Llanura de inundación (17). Limos con niveles de cantos y arenas. Holoceno

La llanura de inundación del curso del Río Yuna, que recorre gran parte del Norte de la Hoja con dirección de O a E, es la que más desarrollo alcanza en la Hoja. Sus depósitos están constituidos fundamentalmente por gravas gruesas y cantos de 8-10 cm., redondeados, pudiendo alcanzar en ocasiones hasta los 30-40 cm., acompañados en menor proporción por arenas y limos. Son muy frecuentes los canales entrelazados.

En relación con el amplio cauce del río Nizao, se han separado zonas de desbordamiento que, en conjunto configuran la llanura aluvial del río. En ellas, los depósitos son similares a los de fondo de valle que a continuación se describen, aunque con un cierto predominio de los limos sobre las arenas y las gravas. Su espesor es moderado, de 1 a 3 m y con registros máximos próximos a los 10 m.

4.1.3 Gravas, bloques, arenas y limos. Abanicos aluviales (d). Holoceno

Son depósitos frecuentes en el ámbito de los principales valles, aunque con una entidad cartográfica sólo se han diferenciado en el valle del río Básima afluente del Haina y también en los ríos Nizao y Banilejo. Su depósito se produce por la llegada

de aportes procedentes de valles estrechos a valles más amplios; en ocasiones, la proximidad entre fuentes de aporte da lugar a coalescencia de varios conos. A grandes rasgos se trata de depósitos de gravas heterométricas, de composición condicionada por el área madre en este caso metamórfica y volcánica, englobadas en una matriz areno-arcillosa. Los niveles clásticos presentan una gradación grosera en alternancia con horizontes lutíticos. Su espesor es muy variable, tanto entre diversos conos como, debido a su geometría, dentro del mismo. En cualquier caso, no debe superar los 10-15 m.

4.2 Formaciones por meteorización química

4.2.1 Terra Rosa, arcillas de descalcificación (g). Pleistoceno-Holoceno

La disolución cárstica es propia de las rocas carbonatadas, como las calizas. Su efecto produce residuos de disolución, las arcillas de descalcificación, que pueden llegar a tener potencias notables. En los fondos de dolinas del karst desarrollado en las Calizas de las Cañas, se presentan unos depósitos arcillosos, que son residuos de la disolución de las calizas. Su espesor varía en función de la envergadura de los procesos de disolución, pudiendo superar los 5 m.

Los rellenos son importantes, tanto por su diversidad como por su representatividad, distinguiéndose sedimentos carbonatados y detríticos. Los depósitos carbonatados llegan a tener grandes dimensiones incluso una vez erosionados. Los depósitos detríticos se presentan generalmente en grandes caos de bloques y éstos a veces unidos por coladas estalagmíticas. Entre los depósitos detríticos aparecen estratos laminados comunes en la mayoría de las cavidades.

4.3 Formaciones poligénicas

4.3.1 Arenas y arenas limosas con niveles de cantos y gravas. Piedemontes, glaciares. (e). Pleistoceno-Holoceno.

Diversos niveles de glaciares de piedemonte se localizan dispersos en toda la Hoja. Se trata, por lo general, de glaciares desarrollados en la base de relieves estructurales.

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 por coalescencia de 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.

Los Glacis antiguos, con predominio de arenas limos y arcillas, corresponden a rellenos de cubetas, mediante abanicos que generalmente han perdido sus partes apicales por tectónica activa y/o erosión. Actualmente estos rellenos antiguos se encuentran en proceso de erosión. La cubeta cuaternaria más importante, es la denominada depresión de Zambrana.

Poseen especial desarrollo en el sector sureste la Hoja donde, con frecuencia, se encuentran alineados a favor de las fallas de dirección ONO-ESE o NO-SE relacionadas con la tectónica de desgarres del Mioceno superior-Actualidad. Estos depósitos forman pequeñas plataformas elevadas entre 5 y 40 m con respecto a los cauces adyacentes.

Poseen una buena representación en los alrededores de Hato Viejo, Yamasá, Pino Herrado, los Ganchos y Florencio y, más aisladamente, en los márgenes del río Mahoma.

Predominan las arenas y, en menor proporción, gravas cuya composición es variable en función de su área madre, volcánica o metamórfica. El tamaño de los cantos y bloques también sufre variaciones notables de acuerdo con la distancia a los relieves, pudiendo superar 50 cm. Las arenas muestran una composición de tipo litarenítico. Las arenas limosas y los limos arcillosos son minoritarios, confiriendo tonalidades rojas al conjunto. Son escasas las estructuras sedimentarias halladas, destacando las bases erosivas y los cuerpos canalizados. Su espesor, aunque variable, se puede cifrar entre 3 y 10 m.

El encajamiento de la red fluvial actual con respecto a estos depósitos ha sugerido su inclusión en el Pleistoceno; no obstante, la tasa erosiva observada en relación con los últimos huracanes en la isla (David, Georges), invita a no descartar que los niveles más bajos puedan corresponder al Holoceno.

5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

La estructura general que actuó como base para la formación del relieve de la isla tal como se ofrece en la actualidad se conformó durante el Neógeno, etapa en la que la paleogeografía de la isla era ya relativamente parecida la actual.

La acción de los procesos que influyen en la creación y modelado del relieve actual se mantiene activa desde el Neógeno. En este sentido hay que destacar el papel de la estructuración del sustrato. Esta estructuración se define a partir del Mioceno superior, momento en que comienza a funcionar en la isla, en un contexto transpresivo, una tectónica de desgarres (Mann et al., 1991b; Heubeck & Mann, 1991) durante la cual vuelven a funcionar accidentes formados en el Eoceno y se crean otros nuevos.

En esta Hoja, además de la reactivación de los accidentes NO-SE, y N-S ya existentes, estas estructuras se traducen en fallas de direcciones ONO-ESE y OSO-ENE, próximas a la E-O y fallas de direcciones NE-SO.

Este modelo tectónico, que sigue vigente hasta la actualidad, es el que condiciona en gran medida la estructuración de la red hidrográfica, elemento importante en la caracterización del paisaje. Estos accidentes tectónicos son los que también dan lugar a la formación de pequeños “graben” o cuencas intramontanas en diferentes puntos de la Cordillera Central, como es el caso de la cuenca de Bonao y a valles como el de Cibao, cuyo extremo SE corresponde a la cuenca de Zambrana.

La litología del sustrato también tiene consecuencias importantes en la orografía de la región. Así, el relieve y la disposición de la red hidrográfica (ya descrita en el capítulo 3) varía en función de que el sustrato sean rocas ultrabásicas, rocas volcanoclásticas, rocas plutónicas, esquistos, rocas detríticas no consolidadas, etc...

Posiblemente las formas conservadas más antiguas correspondan a formas erosivas de génesis kárstica o poligénica; ambas de edad plio-pleistocena. Después de configurarse la isla más o menos como la vemos en la actualidad, con todos sus terrenos integrados, se supone tuvo lugar en el ámbito de la Cordillera Central un largo periodo erosivo, durante el cual p.e. se empezaron a conformar algunas formas de

erosión de origen kárstico y sobre todo formas de origen poligénico como las superficies de erosión.

El significado de estas superficies podría ser similar al dado para las superficies de erosión del Sistema Central Español (Pedraza, 1996) un macizo antiguo reactivado en estilo "germánico", dando un conjunto de "horsts" y "grabens" bien definidos. En él se definen una serie de superficies de erosión escalonadas, que parten de una "superficie fundamental" de penillanura, que coincide con la superficie de cumbres y cuya génesis, entre otras hipótesis, es atribuida a procesos de "pedimentación de sabana". Esta superficie es desnivelada tectónicamente por los movimientos alpinos, vuelven a funcionar los periodos de arrasamiento, y durante el Plioceno tiene lugar una nueva desnivelación; alguno de los periodos de arrasamiento se correlaciona con fases del relleno de las cuencas.

Estas formas se encuentran en relación con procesos que registran una actividad cronológicamente muy prolongada así que las más antiguas raramente se preservan. Aparecen con una dirección en conjunto NO-SE, coincidente con las estructuras generalizadas de la cadena, de manera escalonada a distintas altitudes, disminuyendo éstas de O a E.

La de mayor altitud en la Hoja, al O de la misma, de la que sólo quedan algunos retazos, ocupa localmente las principales líneas de cumbres apareciendo como ensanchamientos y rellanos en las aristas principales a cotas comprendidas entre 1300 y 1500 m. Otras superficies más bajas se van desarrollando, como se ha descrito ya, hacia el NE. Las más bajas es posible que presenten una correlación con los depósitos de glaciares de acumulación existentes en la cabecera del Yamasá.

La disposición NO-SE de las mismas sugiere que el escalonamiento se debe en parte al rejugue de fallas con estas direcciones, pero es difícil dar edades relativas debido al gran desmantelamiento y a la ausencia de depósitos.

En alguna de estas superficies destacan localmente inselbergs, que constituyen elevaciones relictas preservadas de la erosión.

La formaci3n de los dep3sitos de glacia0 es m1s reciente (Pleistoceno-Holoceno) y est1 en relaci3n con los procesos de colmataci3n de las cuencas intramontanas.

Los procesos de mayor incidencia sobre el modelado derivan directamente del establecimiento de la red de drenaje. El levantamiento mantenido de la isla, unido al r3gimen torrencial de lluvias bajo un clima tropical, propicia el encajamiento de los cursos hidrogr1ficos y el r1pido desmantelamiento de las formas m1s antiguas. La actividad erosiva originada a partir de la instalaci3n de la red se manifiesta por el predominio de formas de origen fluvial: incisi3n lineal, interfluvios en aristas, erosi3n lateral de los cauces, etc. Los fondos de valle representan los dep3sitos ligados a la actual din1mica fluvial; las formas de acumulaci3n fluviales ponen en evidencia los sucesivos periodos de encajamiento, provocados por el levantamiento de la isla.

Las terrazas altas se encuentran muy desmanteladas, disponi3ndose a unos +30-40 m. sobre el cauce actual. Se les atribuye una edad pleistocena y podr1an ser contempor1neas a los glacia0 de ladera. Las terrazas bajas se disponen longitudinalmente al cauce a cotas relativas de +1-10 m, con una edad m1s reciente tambi3n pleistocena.

Los conos aluviales se desarrollan de forma localizada a la salida de algunos arroyos. Aunque se encuentran algo disectados permanecen activos y constituyen una fuente importante de aporte de sedimento a la cuencas. Algunos de ellos han podido comenzar a funcionar en el Pleistoceno.

Las planicies de inundaci3n y los fondos de valle representan los dep3sitos ligados a la actual din1mica fluvial y consecuentemente se les atribuye una edad holocena.

Los dep3sitos de ladera y remoci3n en masa son poco relevantes; consisten en coluviones y deslizamientos y constituyen fen3menos recientes que se mantienen activos.

La evoluci3n actual y futura del relieve est1 condicionada por la elevaci3n constante de la isla. Este fen3meno provoca un continuado rejuvenecimiento orogr1fico de modo que a pesar de la intensa actividad erosiva desarrollada bajo un

régimen de lluvias torrenciales sobre un sustrato muy alterado debido al clima tropical imperante, no se tiende a alcanzar la madurez del relieve, produciéndose un continuo relevo de las formas de erosión y depósito sin que varíe sensiblemente el modelado de la región.

La morfología actual en las zonas montañosas y de cabeceras de los ríos, como son los relieves del Macizo Central o, en menor medida, los de la sierra de Yamasá , está marcada principalmente por la incisión de la red de drenaje, generándose encajamientos muy pronunciados que denotan un gran potencial de erosión y transporte de sedimentos.

En las cuencas cuaternarias, especialmente en las de Bonao, Zambrana, Arroyo-Caña y Villa Altagracia y valle del Guanamito que representan áreas de acúmulo de sedimentos cuaternarios, se inicia en la actualidad una etapa de vaciado evidenciada por el establecimiento de una red de drenaje también encajada en las cuencas.

La tendencia futura es a una mayor jerarquización de la red. Esta intensa actividad erosiva propiciará la desaparición de las formas poligénicas antiguas especialmente los vestigios de superficies de erosión. Este fenómeno propiciará asimismo una mayor disección en las zonas con menores pendientes y en las laderas alomadas donde actualmente se registran procesos de incisión incipiente (arroyada en regueros o sin cauce definido).

En las cuencas cuaternarias, especialmente en la de Bonao, también se progresará en el encajamiento de la red. Este progresivo encajamiento de la red principal facilitará el desmantelamiento de los depósitos cuaternarios en los valles, especialmente del sistema de terrazas desarrollados p. e. en el río Banilejo o en el Haina.

El modelado kárstico no parece que en el futuro siga evolucionando, pues está incidido por la red, aparecen mogotes, signo de karstificación muy avanzada y los rellenos son frecuentes. Así pues la tendencia parece ser más bien hacia un desmantelamiento del paisaje kárstico.

Como principales motores en la futura evolución, deben tenerse en cuenta: la tendencia ascendente de la región debida a la actividad tectónica y la exposición a los ciclones como agente externo de mayor potencia morfogenética.

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 en las 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.

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 este 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.

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 e instrumentales son pocos y no pueden considerarse definitivos.

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.

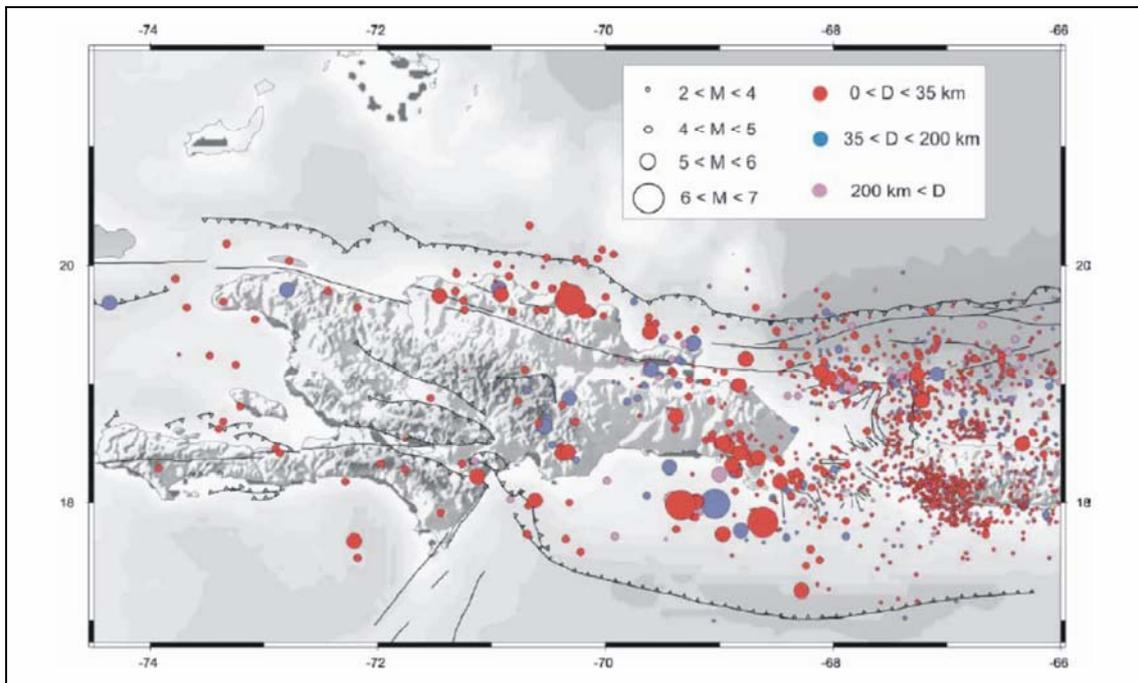


Fig. 6.1. Sismicidad instrumental de La Española (1972-2002). Catálogo NEIC-USGS (En Calais, 2008)

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.

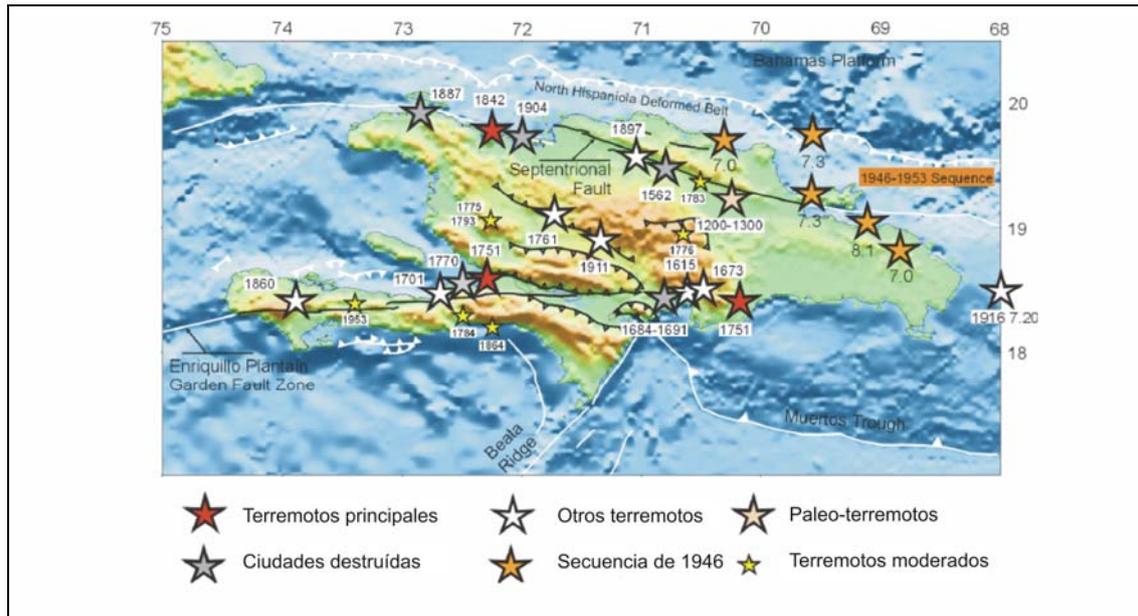


Fig. 6.2. Sismicidad histórica en La Española anterior a 1960 (En Calais, 2008)

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).

En cuanto al riesgo de sismicidad en la zona, éste alcanza un nivel bajo o moderado en la misma y vendría determinado por el juego de alguna falla que acompaña a cualquiera de las grandes fallas activas en la isla.

6.2 Tectónica activa

En una región donde la tectónica activa es evidente, sorprende que las formas originadas por ella sean menos de las previsibles, probablemente esto es consecuencia de la elevada velocidad de erosión y de la densa cubierta vegetal, factores que sin duda enmascaran rápidamente algunas de dichas formas, como los escarpes producidos por las fallas. Sin embargo, existen diversos indicios de tectónica activa, como la incisión y pendiente anómala de algunos cursos de la red fluvial, además de algunas capturas e inflexiones bruscas. Estos indicios probarían la existencia de fallas activas y capaces. 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.

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.

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 morfogénico 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 procesos de erosión

Los procesos de erosión hídrica, son especialmente acusados al Oeste de la Hoja y toda una amplia banda central de dirección NO-SE. En estas zonas las pronunciadas pendientes, la pluviometría y en parte la litología del sustrato, hace que la erosión sea intensa.

Este fenómeno se refleja particularmente en la marcada erosión vertical, o incisión lineal, que se observa en todos los cursos de agua importantes o en las zonas de arroyada en regueros o sin cauce definido, que aparecen en laderas alomadas sobre sustrato de rocas plutónicas y reflejan fases iniciales de incisión de la red. En todos estos procesos se genera una gran pérdida de material del suelo.

En el resto de la Hoja, donde las pendientes no son tan pronunciadas, los procesos de erosión se traducen en escarpes más o menos pronunciados y, sobre todo, en procesos de erosión lateral del cauce, que se registran en tramos donde los ríos muestran una condición meandriforme, en sus zonas medias o bajas; esto sucede, por ejemplo, en la cabecera del río Verde o en los tramos centrales de los ríos Yuna y Maguaca, y donde el sustrato es relativamente blando, como pueden ser los glaciais o sustratos muy alterados.

6.5 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. Su origen está relacionado con la actividad fluvial, lacustre, antrópica y, en general, con cualquier tipo de proceso generador de áreas deprimidas susceptibles de ser inundadas o recibir aportes sedimentarios.

En la Hoja confluyen varios datos que hacen que el riesgo de avenidas e inundaciones sea en algunas zonas de la misma francamente elevado. Todo el área de la Cuenca de Bonao recoge las aguas que provienen de los fuertes relieves de la Formación Tireo en la Cordillera Central; en la Hoja, como se ha citado ya, las precipitaciones anuales son de las más altas de la isla, uniéndose este dato a la gran cantidad de agua caída en un periodo muy corto de tiempo en época de huracanes.

En estos relieves el encajamiento de la red es espectacular, generando fondos de valle muy estrechos y encajados, con laderas de fuertes pendientes; esto unido a que la mayoría de los materiales son bastante impermeables, hace que la escorrentía superficial sea muy alta, dirigiéndose el volumen de agua a las zonas más llanas, como es el caso del área de Bonao.

Así, las áreas con riesgo más elevado de avenidas e inundaciones corresponden a los fondos de valle y planicies de inundación de los principales cursos de la red hidrográfica, especialmente en las zonas más deprimidas, como puede ser, aparte de la ya citada, la cuenca de Zambrana, o los valles del Río Margajito, Sin, Guanamito o Nizao pues a todas ellos van a parar los volúmenes de agua recogidos en las áreas de cabecera, y son muy elevados en épocas de huracanes o de grandes lluvias

Especialmente en la conjunción de los ríos Blanco y Yuna el riesgo es evidente, pues en los sucesivos huracanes la morfología del fondo de valle ha cambiado ostensiblemente; lo mismo ha ocurrido durante el huracán Georges, debido al gran volumen de agua y depósitos recogidos de los fuertes relieves que llegan a ese punto.

Las terrazas bajas registran un riesgo algo más bajo de inundación si bien este fenómeno es frecuente en avenidas estacionales. Las terrazas medias e incluso altas presentan también inundaciones eventuales limitándose a grandes riadas normalmente relacionadas con el paso de huracanes.

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. 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 una manto de lodo y agua.

El Río Yuna merece una especial atención, ya que es uno de los ríos más importantes y el segundo más caudaloso de la República Dominicana. Su cuenca hidrográfica es la más húmeda del país. Para tener un conocimiento preciso y veraz de las inundaciones que se producen en la cuenca del río Yuna (República Dominicana)

se ha elaborado recientemente un cat3logo con todas las acontecidas entre los a0os 1977 y 2007 en el marco del proyecto YUNARISK (2008). Aunque conscientes de la importancia hist3rica de las mismas, el proyecto centra el per3odo de an3lisis en los 3ltimos 30 a0os, al existir una mejor y m3s detallada informaci3n. S3lo se han analizado las inundaciones producidas por factores clim3ticos. Aquellas otras ocasionadas por factores geomorfol3gicos (obstrucci3n de cauces por procesos de vertiente, caracter3sticas litol3gicas de la cuenca), factores hidrol3gicos (rotura de m3rgenes por din3mica fluvial, morfolog3a del sector inundable), o humanos □(incorrecto manejo o rotura de presas, deforestaci3n, obstrucci3n de cauces por vertederos u obras de infraestructura, falta de limpieza...), no se han computado ante una generalizada falta de informaci3n a este respecto. Dicho cat3logo se ha realizado a partir del an3lisis de todas las publicaciones ya existentes que han recopilado informaci3n referente a inundaciones y otros desastres naturales en la Rep3blica Dominicana, si bien s3lo se han computado aquellos casos de inundaci3n en los que se ha visto afectada la cuenca del r3o Yuna, bien de forma exclusiva o bien de forma conjunta con otros territorios de la isla. Situaciones meteorol3gicas extremas que han podido ocasionar graves da0os en otras regiones del pa3s, no se han incluido en el cat3logo.

El cat3logo considera un total de 176 episodios para la totalidad de la cuenca del Yuna lo que da una media aproximada (5,86) de 6 eventos de inundaci3n al a0o.

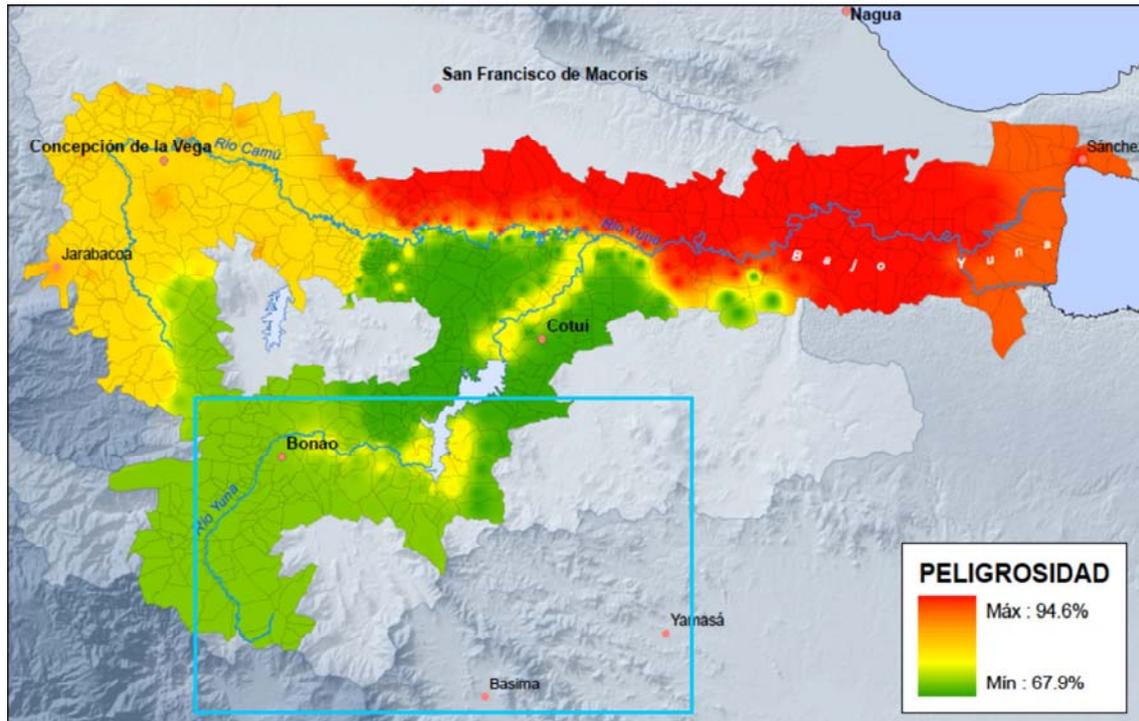


Fig. 6.3. Peligrosidad o Amenaza de inundación en la cuenca del Yuna. Valores expresados en porcentaje respecto al criterio de factores de peligrosidad considerados (0%-100%). Nótese la menor Peligrosidad existente en el Yuna en el ámbito del Cuadrante de Bonao respecto al resto de la cuenca. (Fuente: YUNARISK, 2008)

6.6 Actividad asociada a litologías especiales

En un área restringida de la Hoja, en las inmediaciones del embalse de Hatillo, al Norte de la misma existe un riesgo potencial no muy importante de hundimientos por disolución o por colapso en paisajes kársticos.

6.7 Actividad asociada a movimientos de ladera

Dentro de los fenómenos de inestabilidad de laderas, el proceso más común y consecuentemente el de riesgo más elevado, corresponde a la generación de deslizamientos. Estos fenómenos en laderas se circunscriben en el caso de la Hoja a las zonas montañosas de laderas con fuertes pendientes, pues en el resto de la zonas con relieves, debido a las pendientes relativamente más suaves, es menos probable que estos procesos adquieran una relevancia importante.

Existen varios aspectos que favorecen su formación: influyen las fuertes pendientes, como ocurre en el área Oeste y en una amplia banda central, donde se supera ampliamente el 30%; el fuerte encajamiento de la red, con laderas de gran

altitud, como sucede en los relieves del Macizo Central; el régimen de precipitaciones, que en casi la totalidad de la Hoja supera los 2000 mm anuales; la litología del sustrato, que suele estar constituida por materiales blandos, preferentemente tonalitas muy meteorizadas, materiales volcanoclásticos alterados de la Formación Tireo o esquistos de la formación Maimón, también meteorizados, aumentando así la proporción de la fracción arcillosa.

Las áreas con mayor riesgo de inestabilidad se localizan en la laderas de los valles de los ríos Maimón, Banilejo, Nizao, Yuboa y Yuna, en las cabeceras del Guanaca y el Máyiga y en los relieves del Oeste de la Hoja, sobre materiales de la Formación Tireo. De los deslizamientos ya existentes sólo se han señalado los más destacados, debido a la escala de trabajo.

También existe riesgo de desprendimientos y caídas de bloques, en algunos afloramientos de calizas y rocas volcanoclásticas de la Formación Tireo o en otros de peridotitas o rocas plutónicas.

Un riesgo geológico menor es el representado por los coluviones, que constituyen formas activas de acúmulo de materiales inestables (suelos y con una componente arcillosa importante) en laderas.

7. REFERENCIAS CITADAS

BOWIN, C. (1960): Geology of central Dominican Republic. Ph. D. Thesis, Princeton University. Princeton, New Jersey, 211 p. 35

BOWIN, C. (1966): Geology of the Central Dominican Republic. A case history of part of an island arc. In: Caribbean geological investigations (HESS, H., Ed.), Geological Society of América, 98:11-84.

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

CALAIS, E. (2008). Risque Sismique en Haïti: Fondements Scientifiques et Nature du Risque. Conferencia de Puerto Príncipe.

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.

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

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.

HEUBECK, C. y MANN, P. (1991): Structural Geology and Cenozoic Tectonic History of the Southeastern Termination of the Cordillera Central, Dominican Republic. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.). Geological Society of America Special Paper, 262 p.

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

MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F. (1991a): Geologic and tectonic development of the North 36 América-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of América Special Paper, 262 p.

MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F. (1991b): An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola. In: Geologic and tectonic development of the North América-Caribbean plate boundary in Hispaniola (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.), Geological Society of América Special Paper, 262 p.

PEDRAZA GILSANZ, J. (1996): "Geomorfología. Principios, Métodos y Aplicaciones". Ed. Rueda. Madrid 1996.

YUNARISK (2008) Mapa de riesgo por inundación de la Cuenca del río Yuna. República Dominicana. Natural Risk Research Group. Univ. De Valladolid. PNUD. Programa de Prevención y Preparación ante Desastres.