



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

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

ESCALA 1:100.000

ÁZUA

(6071)

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

La presente Hoja y Memoria forma parte del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, Proyecto 1B, financiado en consideración de donación por la Unión Europea a través del programa SYSMIN II de soporte al sector geológico-minero (Programa CRIS 190-604, ex No 9 ACP DO 006/01). Ha sido realizada en el periodo 2007-2010 por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA, con normas, dirección y supervisión del Servicio Geológico Nacional, suponiendo una adaptación de la Hoja realizada durante el Proyecto C (1997-2000) a la normativa establecida con motivo de la elaboración de los proyectos K y L (2002-2004). En su ejecución han participado los siguientes técnicos y especialistas:

CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

CARTOGRAFÍA DE PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. Alberto Díaz de Neira (IGME)

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

- Dr. Ángel Martín-Serrano (IGME)

TELEDETECCIÓN

- Dra. Carmen Antón Pacheco (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 de Ciencias de la Tierra 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

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

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Metodología	6
1.2. Situación geográfica	9
1.3. Marco geológico.....	12
1.4. Antecedentes	15
2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA.....	17
3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	21
3.1. Estudio morfoestructural.....	21
3.1.1. Formas estructurales	22
3.1.2. Formas volcánicas	24
3.2. Estudio del modelado	26
3.2.1. Formas gravitacionales	27
3.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial	28
3.2.3. Formas lacustres y endorreicas	30
3.2.4. Formas marinas-litorales.....	31
3.2.5. Formas originadas por meteorización química	32
3.2.6. Formas poligénicas	33
3.2.7. Formas antrópicas	34
4. FORMACIONES SUPERFICIALES.....	35
4.1. Formaciones volcánicas	35
4.1.1. Basaltos. Centros de emisión y coladas (a). Plioceno-Cuaternario	35
4.1.2. Traquiandesitas y traquitas. Centros de emisión y coladas (b). Cuaternario	36
4.2. Formaciones gravitacionales	36
4.2.1. Bloques y lutitas. Deslizamiento (c). Holoceno	36
4.2.2. Cantos, arenas y lutitas. Coluvión (d). Holoceno	37
4.3. Formaciones fluviales	37
4.3.1. Gravas, arenas y lutitas. Abanicos aluviales y conos de deyección (e, g, l). Pleistoceno-Holoceno	37
4.3.2. Gravas, arenas y lutitas. Terraza (f, h, i). Pleistoceno	38
4.3.3. Gravas, arenas y lutitas. Cauce o meandro abandonado (j). Llanura de inundación (k). Pleistoceno-Holoceno. Gravas y arenas. Barras (n). Holoceno...	38
4.3.4. Gravas, arenas y lutitas. Mantos de arroyada, aluvial-coluvial (m). Holoceno	39

4.3.5.	Gravas, arenas y lutitas. Fondo de valle (ñ). Gravas y arenas. Fondo de cañada torrencial (o). Holoceno.....	39
4.4.	Formaciones lacustres-endorreicas.....	40
4.4.1.	Lutitas. Fondo endorreico (p). Holoceno.....	40
4.4.2.	Lutitas con materia orgánica. Área pantanosa (q). Holoceno	40
4.4.3.	Lutitas. Laguna (r). Holoceno.....	40
4.5.	Formaciones marinas-litorales.....	40
4.5.1.	Lutitas. Llanura intermareal abandonada (s). Pleistoceno-Holoceno. Marisma alta (t). Marisma baja (u). Holoceno.....	40
4.5.2.	Bloques, cantos y arenas. Cordón litoral y huracanitas (v). Arenas. Cordón litoral (w). Holoceno	41
4.6.	Formaciones originadas por meteorización química.....	41
4.6.1.	Arcillas de descalcificación. Fondo de dolina o uvala (x). Plioceno-Holoceno	41
4.7.	Formaciones poligénicas	42
4.7.1.	Gravas, arenas y lutitas. Piedemonte (y). Pleistoceno	42
4.8.	Formaciones antrópicas.....	42
4.8.1.	Sales. Salinas (z). Holoceno	42
5.	EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA	43
6.	PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO.....	46
6.1.	Actividad sísmica	46
6.1.1.	Tsunamis.....	49
6.2.	Tectónica activa	49
6.3.	Actividad volcánica	50
6.4.	Actividad asociada a movimientos de laderas	51
6.5.	Actividad asociada a procesos de erosión.....	51
6.6.	Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación	52
6.7.	Actividad asociada a litologías especiales.....	54
6.8.	Actividad antrópica.....	54
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	56

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 del siglo pasado, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea en concepto de donación. En este contexto, el consorcio integrado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) e Informes y Proyectos S.A. (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 (SGN).

Este Proyecto comprende varias zonas que junto con las ya abordadas con motivo de los proyectos previos (C, ejecutado en el periodo 1997-2000; K y L, ejecutados en el periodo 2002-2004), completan la mayor parte del territorio dominicano. 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 (Fig. 1.1):

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)

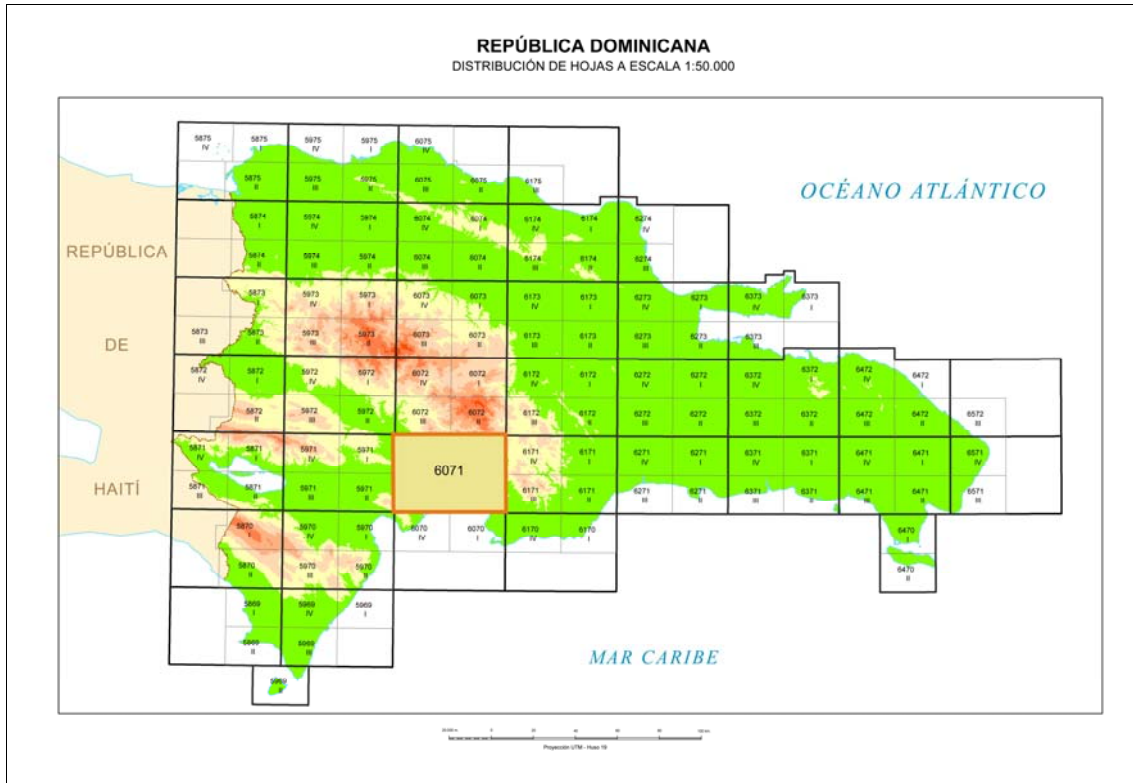


Fig.1.1. Distribución de Hojas a escala 1:100.000 de la República Dominicana y situación de la Hoja de Ázua (6071)

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 (6170)

Zona Suroeste:

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

- Pedernales (5870)
- Barahona (5970)

Además de las Hojas señaladas, el Proyecto 1B incluye la reelaboración de las Hojas Geomorfológicas a escala 1:100.000 efectuadas durante el Proyecto C, con objeto de adaptarlas a la normativa establecida en los Proyectos K y L, consistente básicamente en una modificación del esquema de la Hoja y, especialmente, en la incorporación de forma independizada, de las correspondientes Hojas de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico a escala 1:100.000. Con ello, se ha incluido también la elaboración de las siguientes Hojas a dicha escala:

- Ázua (6071)
- Constanza (6072)
- Bonao (6172)

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, en particular las de Neiba (5971) y Constanza (6072).

Durante la realización de la Hoja Geomorfológica a escala 1:100.000 de Ázua se han utilizado las cartografías geológica a escala 1:50.000 y geomorfológica a escala 1:100.000 elaboradas durante el proyecto C, además de la información disponible de diversa procedencia y las fotografías aéreas a escala 1:40.000 del Proyecto MARENA, tomadas en los años 1983-84, y las imágenes de satélite Spot P, Landsat TM y SAR. La cartografía previa ha sido complementada con numerosos recorridos de campo, 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 Tecnológico y Geominero 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 de los Proyectos K y L 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 Ázua (6071). 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 fisiográfica, 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 desde un punto de vista puramente estático, entendiendo como tal la relación y explicación de las distintas formas de aquél, agrupadas en función del agente responsable de su origen (estructural, gravitacional, fluvial...), incidiendo en su geometría, tamaño y génesis.
- Estudio de las formaciones superficiales, es decir, de las formas acompañadas de depósito, 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.

1.2. Situación geográfica

La Hoja a escala 1:100.000 de Ázua (6071) se encuentra situada en el sector meridional de la República Dominicana, estando bañada por el mar Caribe, concretamente en el ámbito de la bahía de Ocoa. La mayor parte de su territorio pertenece a la provincia de Ázua, exceptuándose el sector nororiental, perteneciente a la provincia de San José de Ocoa, y una pequeña parte del sector suroccidental,

perteneciente a la de Barahona. Sus principales centros de población son Ázua, que domina la mayor parte de la superficie de la Hoja, y San José de Ocoa, núcleo más destacado del sector nororiental. La mayor parte de la Hoja forma parte de la Cordillera Central y de la Llanura de Ázua, dos de los principales dominios morfoestructurales de La Española, aunque también se encuentran representados el Valle de San Juan y las sierras de Martín García y Neiba (Fig. 1.2), cuyas principales características son:

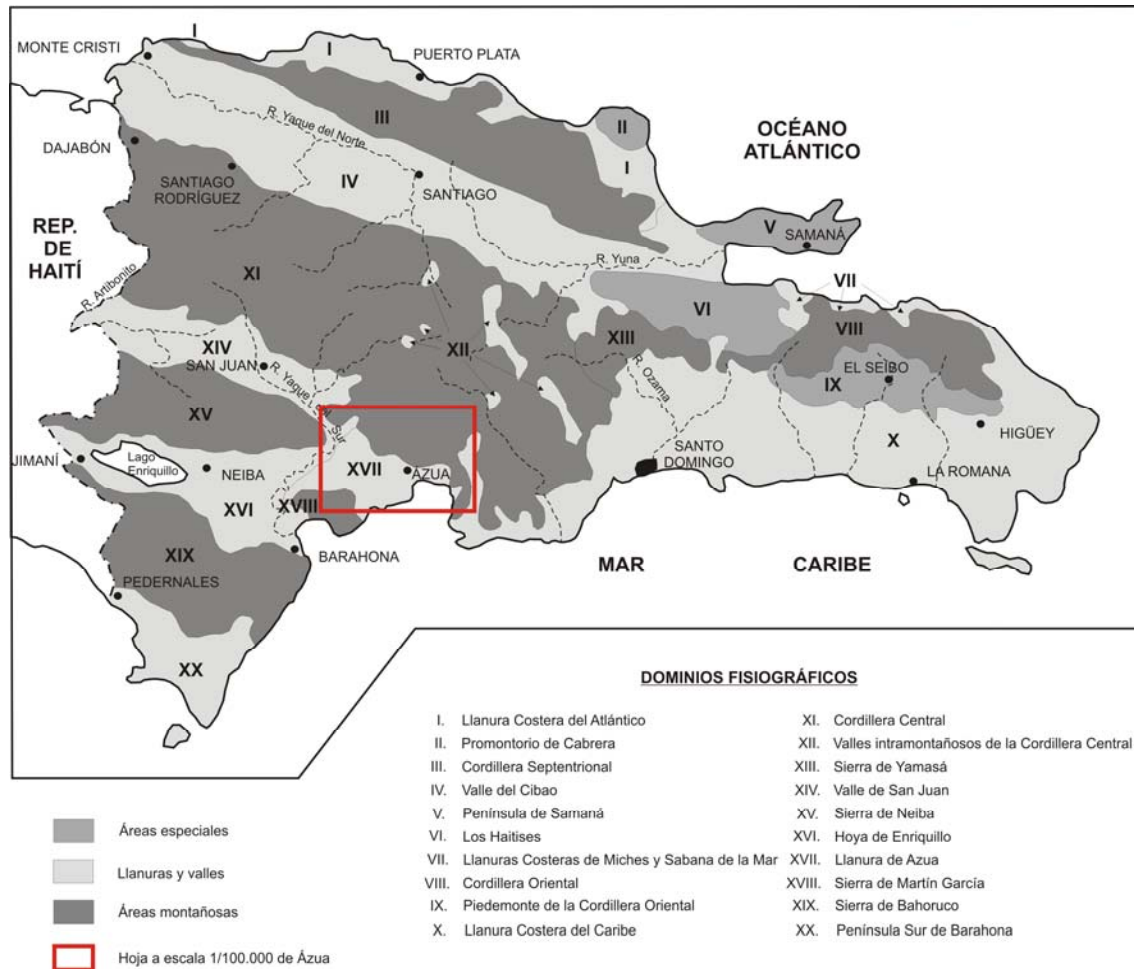


Fig.1.2. Dominios fisiográficos de la República Dominicana y situación de la Hoja a escala 1:100.000 de Ázua (De la Fuente, 1976, modificado)

- Cordillera Central. Es el principal sistema montañoso de La Española, discurriendo con dirección NO-SE entre el Valle del Cibao, al noreste, y el Valle de San Juan y la Llanura de Ázua, al suroeste (Fig. 1.3), entre San Nicolás y las inmediaciones de Santo Domingo. Alcanza la máxima altitud de las Antillas en el pico Duarte (3.087 m) y en ella nacen los principales ríos de la isla. Su flanco suroccidental ocupa la mitad nororiental de la Hoja.

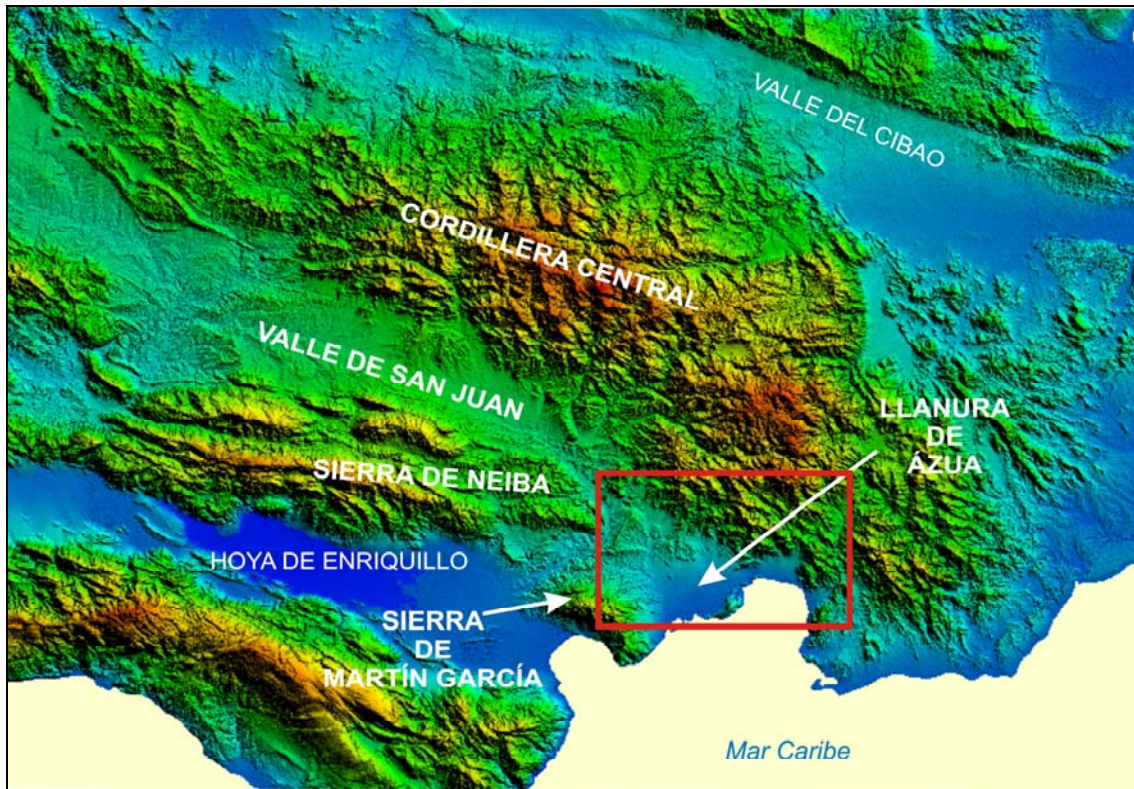


Fig.1.3. Modelo digital del terreno de los principales dominios fisiográficos incluidos en la Hoja de Ázua

- Llanura de Ázua. Se dispone al suroeste de la Cordillera Central a modo de piedemonte suavemente inclinado hacia el sur hasta enlazar con el litoral del mar Caribe, ocupando buena parte de la mitad suroccidental de la Hoja. En contraposición con los sistemas montañosos limítrofes, constituye una espectacular planicie en la que sobresalen pequeñas lomas, más abundantes hacia el oeste.
- Sierra de Martín García. Posee una orientación NO-SE y unas dimensiones sensiblemente inferiores que las de los sistemas montañosos circundantes, pese a lo cual alcanza 1.343 m en la loma del Curro. Se interpone entre la Hoya de Enriquillo y la Llanura de Ázua, estando separada de la Sierra de Neiba por el río Yaque del Sur. Ocupa el extremo suroccidental de la Hoja.
- Sierra de Neiba. Es una de los cuatro principales sistemas montañosos dominicanos, alzándose con una dirección E-O entre la Hoya de Enriquillo y el Valle de San Juan, alcanzando 2.279 m en el pico Neiba. Aparece mínimamente representada en el extremo occidental de la Hoja.

- Valle de San Juan. Es una depresión alargada de NO a SE, flanqueada por la Sierra de Neiba y la Cordillera Central. Se encuentra exigüamente representado en el sector noroccidental de la Hoja.

1.3. Marco geológico

La fisiografía de la Hoja de Ázua se encuentra directamente condicionada por las características de los dominios geológicos de los que forma parte, coincidentes en buena medida con los dominios geográficos señalados: Cordillera Central, sierras de Neiba y Martín García, y cuencas de Ázua y San Juan (Fig. 1.4).

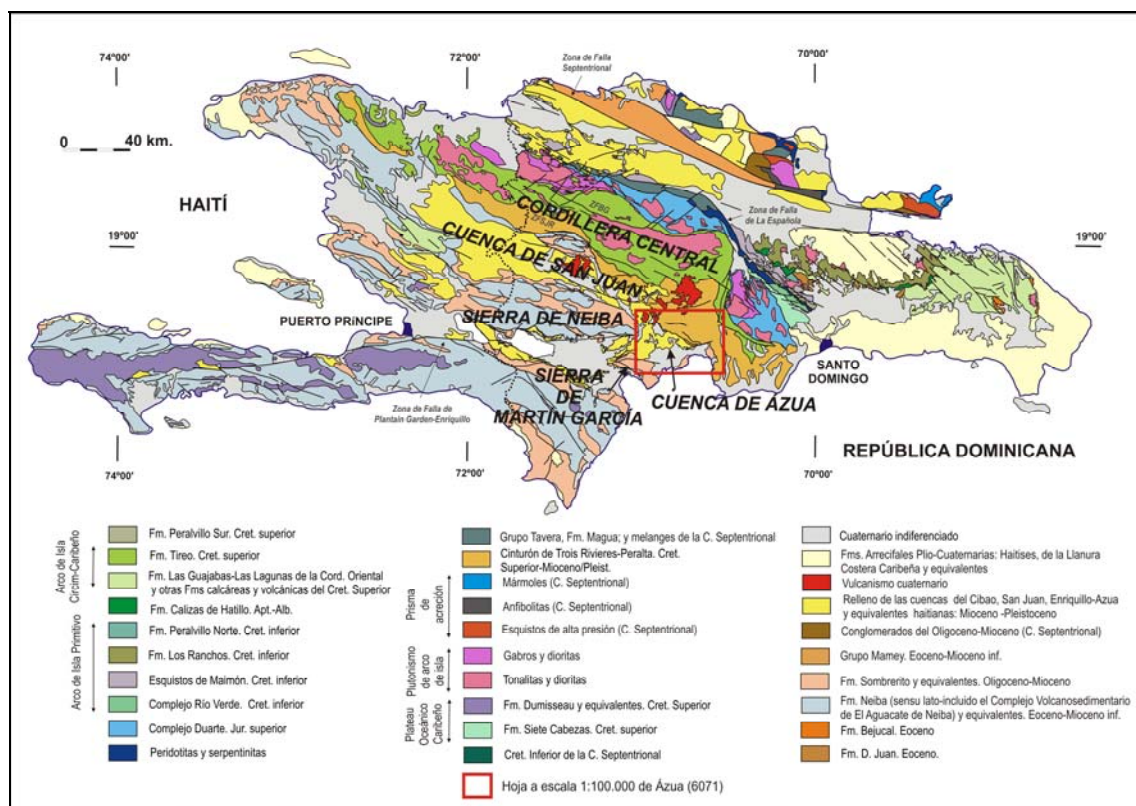


Fig.1.4. Esquema geológico de La Española y principales dominios de la Hoja de Ázua

La **Cordillera Central** presenta una notable complejidad derivada de su azarosa evolución, si bien en la región tan sólo incluye dos de sus grandes conjuntos (Fig. 1.5). En concreto, en el extremo nororiental afloran los materiales volcano-sedimentarios del Grupo Tireo, asignados aquí al Cretácico Superior, y que hacia el suroeste cabalغان sobre la potente sucesión turbidítica característica del Grupo Peralta, asignada al Paleógeno, que a su vez cabalga sobre los materiales sedimentarios de las cuencas de Ázua y San Juan. A nivel de la cordillera, la amalgamación de dominios tan diferentes orientados de ONO-ESE a NO-SE, fue debida a la implantación de un

régimen transpresivo provocado por la colisión oblicua entre las placas Norteamericana y del Caribe desde el Eoceno.

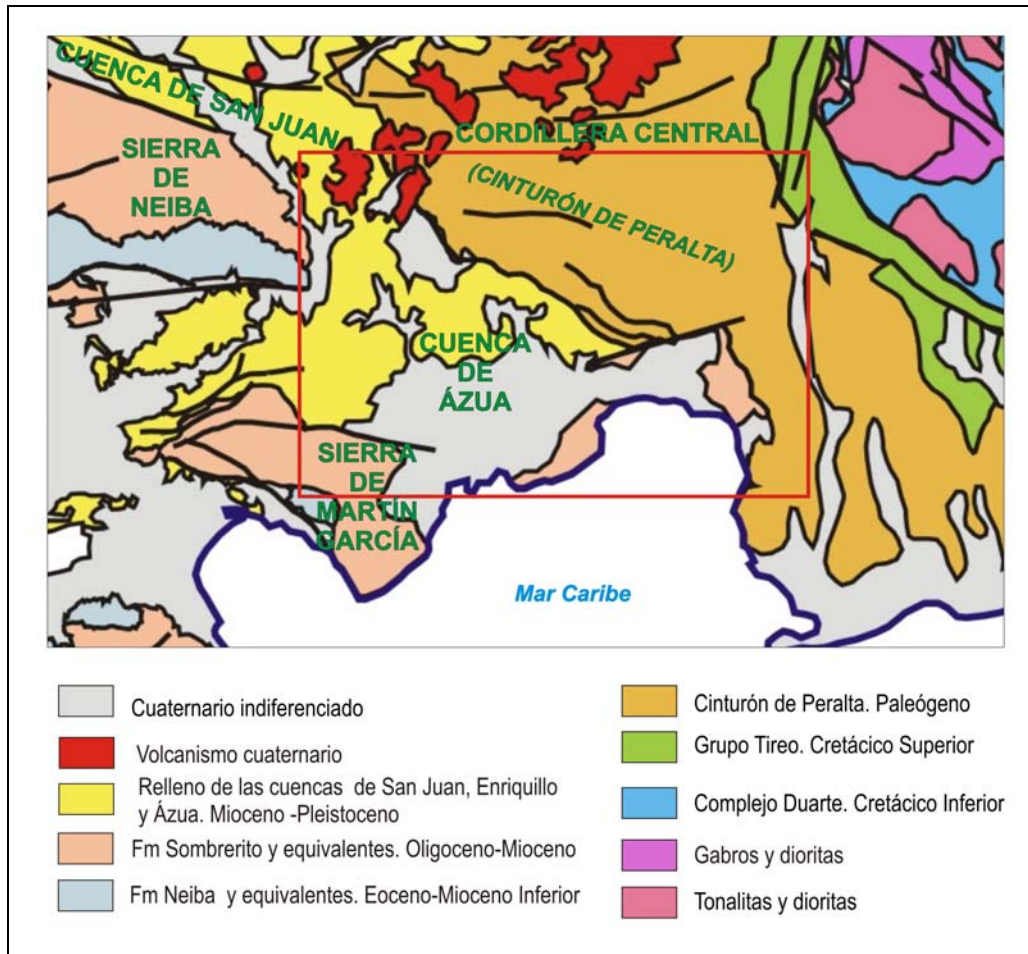


Fig.1.5. Esquema geológico del ámbito de la Hoja a escala 1/100.000 de Ázua

A grandes rasgos, tanto la **Sierra de Neiba** como la de **Martín García**, están constituidas fundamentalmente por una potente serie de materiales carbonatados paleógenos y miocenos depositados en ambientes marinos de plataforma y llanura submarina. Se estructuran como un antiforme de orientación E-O a NO-SE y doble vergencia, cabalgante sobre las cuencas neógenas adyacentes.

Las **cuencas de Ázua** y **San Juan** son en realidad una cuenca única de orientación NO-SE, rellena durante el neógeno por una sucesión sedimentaria somerizante, actuando la Cordillera Central como su borde activo.

El registro más antiguo de la Hoja está constituido por el complejo volcano-sedimentario de arco-isla del Grupo Tireo, generado durante el Cretácico Superior. Con el cese de la actividad del arco, durante el Paleógeno se produjo el depósito de

los materiales sedimentarios del Cinturón de Trois Rivières-Peralta (Mann *et al.*, 1991b), interpretados como un fragmento de cuenca de *back-arc* extendido a lo largo del flanco suroccidental de la Cordillera Central. Esta franja de materiales depositados en un surco sedimentario muy subsidente, de orientación NO-SE, posee un espesor original probablemente superior a 10.000 m. La presencia en su seno de una acusada discordancia ha permitido la individualización de dos grupos deposicionales mayores: Peralta y Río Ocoa (Dolan, 1988; Heubeck, 1988), atribuidos al Eoceno y Eoceno Superior-Mioceno Inferior, respectivamente (Dolan *et al.*, 1991).

En las sierras de Neiba y Martín García, la sucesión paleógena difiere sensiblemente de la anterior, estando integrada básicamente por el monótono conjunto de calizas de la Fm Neiba, sobre la que se dispone el conjunto margoso-carbonatado mioceno de la Fm Sombrerito.

Por lo que respecta a la cuenca de San Juan-Ázua, su relleno se produjo a través de una potente serie iniciada bajo un régimen marino que evolucionó hacia ambientes continentales, sucesión integrada de muro a techo por los materiales detríticos de la Fm Trinchera (Mioceno Superior-Plioceno), las margas de la Fm Quita Coraza y los conjuntos detrítico de las Fms. Arroyo Blanco y Arroyo Seco (Plioceno-Pleistoceno).

El cinturón paleógeno de la cordillera presenta una intensa deformación, con predominio de pliegues y cabalgamientos de típica directriz NO-SE, encontrándose cabalgado por el Grupo Tireo y cabalgando a su vez sobre los materiales neógenos de la cuenca de San Juan-Ázua; los cabalgamientos se realizan a través de las zonas de falla de San José-Restauración y San Juan-Los Pozos, respectivamente.

A finales del Plioceno dio comienzo uno de los fenómenos más característicos y complejos de la historia reciente de la región, el desarrollo de un intenso volcanismo, de afinidad geoquímica heterogénea, pero predominantemente calco-alcalino.

A pesar de que la región ha estado sometida a una deformación prácticamente constante a lo largo del Cenozoico, fue durante el Mioceno Superior cuando se produjo el diseño fundamental de la morfoestructura actual. Durante dicho periodo, el levantamiento de la Cordillera Central y de las sierras de Neiba y Martín García transformó la cuenca paleógeno-miocena, que abarcaría al menos el actual sector suroccidental de La Española, en el sistema de cuencas estrechas actualmente

observables. Las deformaciones más recientes estructurarían las cuencas a modo de sinclinatorios, ocultos en buena medida por los sedimentos cuaternarios más recientes.

Sin olvidar la incidencia de la dinámica marino-litoral en la Llanura de Ázua y de los procesos gravitacionales en la Cordillera Central, en la evolución paleogeográfica reciente merecen mención aparte la actividad tectónica y la dinámica fluvial. La tectónica se refleja a través de la actividad de: la Zona de Falla de San Juan-Los Pozos, con avance de la cordillera sobre la cuenca; la Zona de Falla de Enriquillo-Plantain Garden; y el avance de la cresta oceánica de Beata, provocando el arqueamiento de los relieves que circundan la bahía de Ocoa. En cuanto a la actividad fluvial, destaca tanto por la extensión de sus depósitos como su influencia en el modelado actual, destacando al respecto la captura del río Yaque del Sur por parte de la Hoya de Enriquillo.

1.4. Antecedentes

Al igual que en el resto del territorio dominicano, son mínimas las referencias bibliográficas de índole geomorfológica que afectan a la Hoja de Ázua, correspondiendo en la mayor parte de los casos a alusiones marginales dentro de trabajos geográficos o geológicos.

Entre los trabajos pioneros destaca el reconocimiento geológico de la República Dominicana de Vaughan *et al.* (1921). Décadas más tarde, la ingente cantidad de documentación aportada por Obiols y Perdomo (1966) con motivo de la elaboración de un atlas para la planificación del desarrollo integral de la República Dominicana, supuso la creación de una cartografía temática completa; dentro de ella, Guerra Peña realizó una división en provincias fisiográficas, incluyéndose la Hoja en las provincias denominadas Cordillera Central, Valle de San Juan y Llano de Ázua, y Sierras de Neiba y de Martín García.

Sin duda, de gran interés desde un punto de vista geomorfológico es el libro *Geografía Dominicana* (De la Fuente, 1976), que además de aportar una ingente cantidad de datos geográficos e ilustraciones, realiza numerosas consideraciones de orden geomorfológico. Ante la proliferación de nombres referidos a dominios geográficos observada en la bibliografía y las discrepancias existentes a la hora de fijar los límites de algunos de ellos, en el presente trabajo se han seguido los criterios expresados en dicho libro; además, estos criterios coinciden plenamente con los seguidos por la

tradición popular, si bien discrepan en algunos casos de los utilizados en trabajos geológicos recientes.

Entre éstos, Lewis (1980) y Lewis y Draper (1990) consideran que la región se encuentra incluida en las zonas Macizo del Norte-Cordillera Central, Plateau Central-Valle de San Juan-Llanura de Ázua, Cadenas de Matheux-Sierra de Neiba y Sierra de Martín García. Por otra parte, desde un punto de vista geodinámico, Mann *et al.* (1991a) proponen la pertenencia de la Hoja a los terrenos de Tireo, Trois Rivières-Peralta y Presqu'île du Nord-Ouest-Neiba.

Los materiales volcánicos de la región fueron puestos de manifiesto desde el trabajo ya citado de Vaughan *et al.* (1921). Posteriormente han sido diversos los autores que han tratado sobre ellos desde diferentes puntos de vista, cabiendo señalar los trabajos de Olade (1980), Electroconsult (1983), Vespucci (1982, 1986) y García y Harms (1988).

A nivel cartográfico, los principales documentos previos corresponden al ya señalado Mapa Geomorfológico y de orientación a Riesgos Geológicos del cuadrante a escala 1:100.000 de Ázua (Ruiz y Solé, 2000), y a las Hojas a escala 1:50.000 comprendidas en él (Hernaiz, 2000; Díaz de Neira y Hernaiz, 2000; Díaz de Neira, 2000; Gómez, 2000). Desde un punto de vista metodológico, cabe reseñar las diversas Hojas geomorfológicas y de procesos activos a escala 1:100.000 realizadas durante los proyectos K y L del Programa SYSMIN (2004), destacando por su proximidad a la zona de estudio la de Neiba (Escuer, 2004).

Por su implicación directa en la Hoja de Ázua, cabe destacar las aportaciones relacionadas con la tectónica reciente incluidas en la tesis doctoral de Ramírez (1996), así como las de carácter geomorfológico de Díaz de Neira (2002) relacionadas con diversos aspectos evolutivos recientes de la Llanura de Ázua.

2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La fisiografía de la Hoja a escala 1:100.000 de Ázua queda definida fundamentalmente por la presencia en su mitad nororiental de la Cordillera Central, con la Llanura de Ázua a modo de enlace hacia el litoral de la bahía de Ocoa, excepto en el sector suroccidental, donde se alza la Sierra de Martín García. En el extremo occidental asoma exiguamente la Sierra de Neiba, al norte de la cual se localiza el Valle de San Juan (Fig. 2.1).

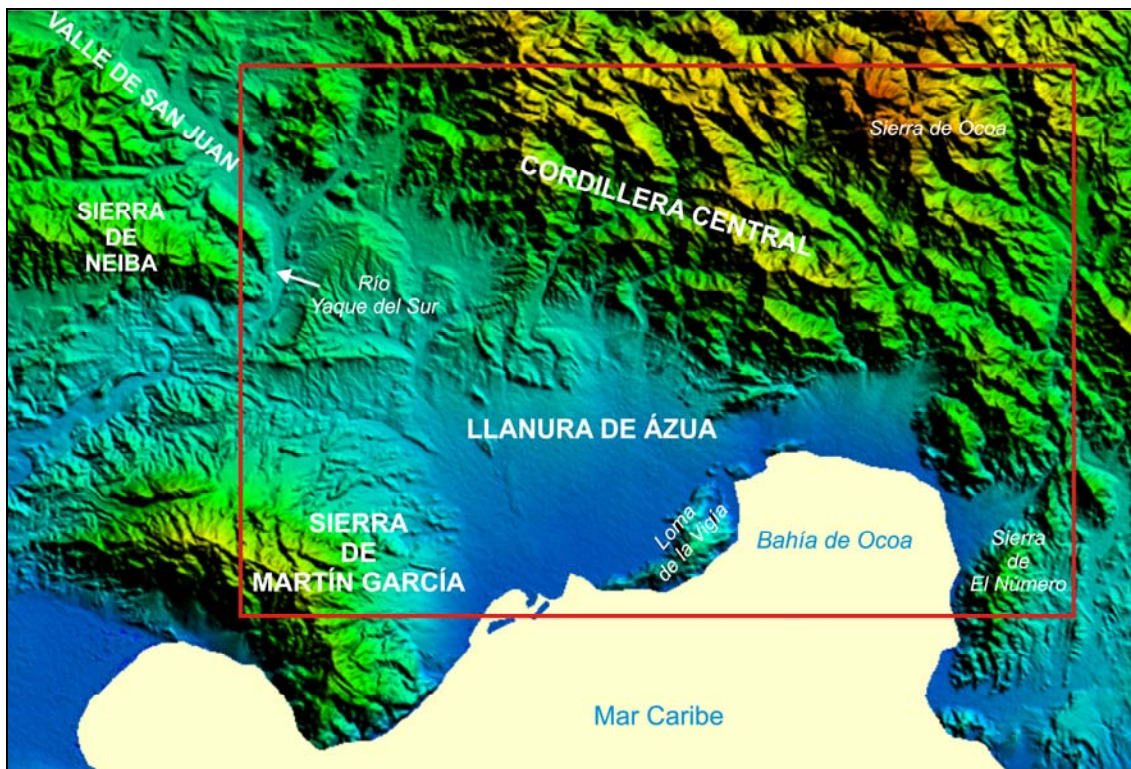


Fig. 2.1. Modelo digital del terreno de la Hoja de Ázua

La **Cordillera Central** es un extenso sistema montañoso que atraviesa La Española en sentido NO-SE, con una longitud de 550 km y una anchura de 80 km. Ocupa la mitad nororiental de la Hoja, donde muestra su fisonomía característica, con un carácter muy abrupto, y estando integrada por una serie de alineaciones montañosas menores, orientadas igualmente de NO a SE. Alcanza su máxima elevación en el Tetero Megía, localizado en el ámbito de la sierra de Ocoa, con 2.581 m. Su altitud disminuye hacia el sureste, donde no sobrepasa 650 m, configurando una franja de relieves mucho más modestos conocida como sierra de El Número. Por ella discurren

los principales ríos de la Hoja, excepto el Yaque del Sur, dando lugar a grandes encajamientos, con cañones y desfiladeros de cientos de metros de desnivel.

La **Llanura de Ázua** contrasta notablemente tanto con la Cordillera Central, situada al noreste, como con la Sierra de Martín García, al suroeste. Su sector oriental configura una superficie ligeramente inclinada desde la cordillera hasta el litoral de la bahía de Ocoa; su monotonía se interrumpe por la presencia de una serie de pequeñas elevaciones alomadas, de entre las que destaca la loma de la Vigía (347 m), cuyos acantilados contrastan con el resto del litoral, caracterizado por una costa baja con modestas playas. Hacia el oeste la planicie pasa paulatinamente a una serie de modestos relieves (inferiores a 500 m de altura), que denuncian el paso al Valle de San Juan y la Hoya de Enriquillo.

Aunque la Sierra de **Martín García** es la menos extensa y la de menor altitud de entre las existentes en el sector suroccidental dominicano, en el ámbito de la Hoja adquiere mayor entidad que la de Neiba, alzándose bruscamente sobre el litoral de la bahía de Ocoa, alcanzando 1.285 m en la loma Fría.

Pese a su notable entidad, la **Sierra de Neiba** está mínimamente representada en la Hoja, concretamente en el sector occidental, donde se asoman sus estribaciones orientales con dirección E-O. Sobrepasa ligeramente los 500 m de altitud, estando limitada al este por el río Yaque del Sur.

Por lo que respecta al **Valle de San Juan**, tan sólo está representada por su extremo suroriental, apareciendo como una depresión flanqueada al noreste por la Cordillera Central y al suroeste por la Sierra de Neiba, siendo su principal elemento fisiográfico el río Yaque del Sur.

La nutrida red fluvial de la Hoja está integrada por ríos, arroyos y cañadas de entidad y características muy variables. Por una parte, la Cordillera Central está profundamente incidida por los cursos más notables, de carácter permanente, que poseen una geometría tortuosa, claramente condicionada por la estructura. Entre ellos destacan el río Ocoa y su afluente Banilejo, en el sector oriental, y los ríos Grande, Vía y Jura, en el central. Por lo que respecta a las sierras de Martín García y Neiba, la red de drenaje está integrada por arroyos y cañadas de carácter estacional, que poseen elevadas pendientes y una disposición centrífuga.

Al alcanzar la Llanura de Ázua, los cursos procedentes de las áreas montañosas disminuyen notablemente su pendiente, siguiendo trayectorias predominantes hacia el sur (Cordillera Central) y el este (Sierra de Martín García), hasta alcanzar la bahía de Ocoa. Excepción hecha de los principales ríos procedentes de la Cordillera Central, poseen carácter estacional, destacando junto a los dichos ríos el arroyo Tábara.

Pese a su escasa representación en la Hoja, mención aparte merece el río Yaque del Sur, que rodea la Sierra de Neiba en el ámbito de Vuelta Grande, recogiendo los drenajes del sector noroccidental y abandonando bruscamente el Valle de San Juan para penetrar en la Hoya de Enriquillo.

Los principales rasgos geomorfológicos de la Hoja son: la presencia de la Cordillera Central como principal relieve positivo sometido a continuos fenómenos gravitacionales y donde nacen los elementos fluviales más destacados; el contraste de la Llanura de Ázua con los relieves circundantes, contraste que incluye las características hidrográficas y climáticas; el arqueamiento de los relieves y estructuras que circundan el litoral, como consecuencia de la indentación de la cresta oceánica de Beata; la presencia de elementos volcánicos recientes en el sector noroccidental; y el desvío del río Yaque del Sur, que provoca notables diferencias fisiográficas entre el Valle de San Juan y la Llanura de Ázua.

La región posee un típico clima tropical (De la Fuente, 1976), suavizado por su carácter insular, con notables diferencias relacionadas con la orografía. Se caracteriza por su carácter húmedo en las zonas montañosas, con precipitaciones medias de 1.250 mm/año en el sector nororiental, así como temperaturas medias anuales de 23-24°C; por el contrario, en las zonas bajas posee carácter seco, con precipitaciones reducidas a 750 mm/año y temperaturas que ascienden a 27-28°C. Es frecuente la llegada de tormentas tropicales y huracanes, especialmente concentrados entre septiembre y octubre, observándose variaciones estacionales ligeras, siendo algo más acusadas las diarias. La estación lluviosa se extiende de marzo a diciembre y la seca, de diciembre a marzo.

Las variaciones climáticas tienen una incidencia directa en la vegetación, mostrando características de zonas áridas en la Llanura de Ázua, en la que al margen de las zonas sometidas a regadíos, se extiende un tapiz espinoso, con predominio de guazábaras, acacias espinosas y cayucos; por el contrario, el Valle de San Juan muestra una gran fertilidad debido a la presencia del río Yaque del Sur y de

importantes canales, que han permitido un notable desarrollo agrícola. En las zonas montañosas aumenta el desarrollo arbóreo con presencia de bosques; no obstante, en la Cordillera Central existen importantes extensiones improductivas, así como importantes desarrollos locales de cultivos.

Su población se encuentra muy desigualmente repartida, concentrándose principalmente en la Llanura de Ázua, la zona mejor comunicada y que permite una mayor variedad de actividades de la población, entre ellas la agricultura, ganadería e industria, principalmente. Ázua constituye su principal centro urbano, pudiendo señalarse junto a él, Las Yayas de Viajama, Sabana Yegua, Pueblo Viejo, Las Charcas y Estebanía. El ámbito montañoso está mucho menos poblado, restringiéndose su actividad al ámbito ganadero y agrícola, destacando como principales núcleos de población San José de Ocoa y, en menor medida, Peralta.

La red de comunicaciones es buena en la Llanura de Ázua y el Valle de San Juan, destacando la presencia de la carretera que une Santo Domingo y Barahona, así como la que partiendo de ésta, se dirige a San Juan de la Maguana. En la zona montañosa tan sólo cabe destacar las carreteras de acceso a San José de Ocoa y Peralta, existiendo diversas pistas que permiten cierta movilidad, si bien buena parte de la zona es accesible exclusivamente a pie.

3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

En el presente capítulo se trata el relieve desde un punto de vista puramente estático, entendiendo por tal la explicación de la disposición actual de las distintas formas, pero buscando al mismo tiempo su origen (morfogénesis). Se procede a continuación a la descripción de las distintas formas diferenciadas en la Hoja, atendiendo a su geometría, tamaño y génesis; el depósito que acompaña a algunas de estas formas (formaciones superficiales), será el objeto del capítulo 4.

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 disposición estructural; y morfogenético, considerando las formas resultantes de la actuación de los procesos externos.

3.1. Estudio morfoestructural

El relieve de la zona está condicionado en gran medida por la naturaleza y la disposición de los materiales que la conforman. Así, los materiales sedimentarios y volcano-sedimentarios de la Cordillera Central y los sedimentarios de las sierras de Neiba y Martín García se alzan fuertemente a favor de alineaciones de origen tectónico, ya sean desgarres o cabalgamientos, estructurándose mediante pliegues subparalelos a dichas fallas. Por lo que respecta a la Llanura de Ázua, pese a su relieve más suave, su morfología también está condicionada por factores estructurales, de entre los que destacan la presencia de la falla de Enriquillo-Plantain Garden y la indentación de la cresta de Beata.

La fisonomía del sector noroccidental está condicionada por las emisiones volcánicas que acontecieron a comienzos del Cuaternario, creadoras de relieves positivos superpuestos a los elaborados por la tectónica sobre los materiales terciarios. Se trata de los episodios iniciales de un intenso magmatismo, predominantemente calco-alcalino que afectó a las regiones de Constanza-Yayas de Viajama y San Juan, y cuyas causas aún no han sido bien determinadas.

En cualquier caso, sobre la arquitectura labrada por los procesos anteriores han actuado con mayor o menor eficacia las morfogénesis fluvial, gravitacional, lacustre-endorreica, poligénica, marino-litoral, por meteorización química y antrópica.

3.1.1. Formas estructurales

Se encuentran diseminadas por todo el ámbito de la Hoja, condicionando en buena medida la morfoestructura de todos sus dominios, tratándose tanto de formas relacionadas con estructuras tectónicas, como de formas relacionadas con las características litológicas de la serie aflorante.

Las más destacadas son las *fallas con expresión morfológica* (Fig. 3.1), que se manifiestan a través de la delimitación de las grandes unidades orográficas, así como en la distribución de algunos relieves menores y en la orientación de numerosos elementos de la red de drenaje. En ocasiones, se encuentran bajo depósitos cuaternarios sin afectarlos y en otros, ciertos rasgos morfológicos parecen estar condicionados por ellas, sin que se tenga la total certeza de su existencia, habiéndose representado en ambos casos como *fallas supuestas*.

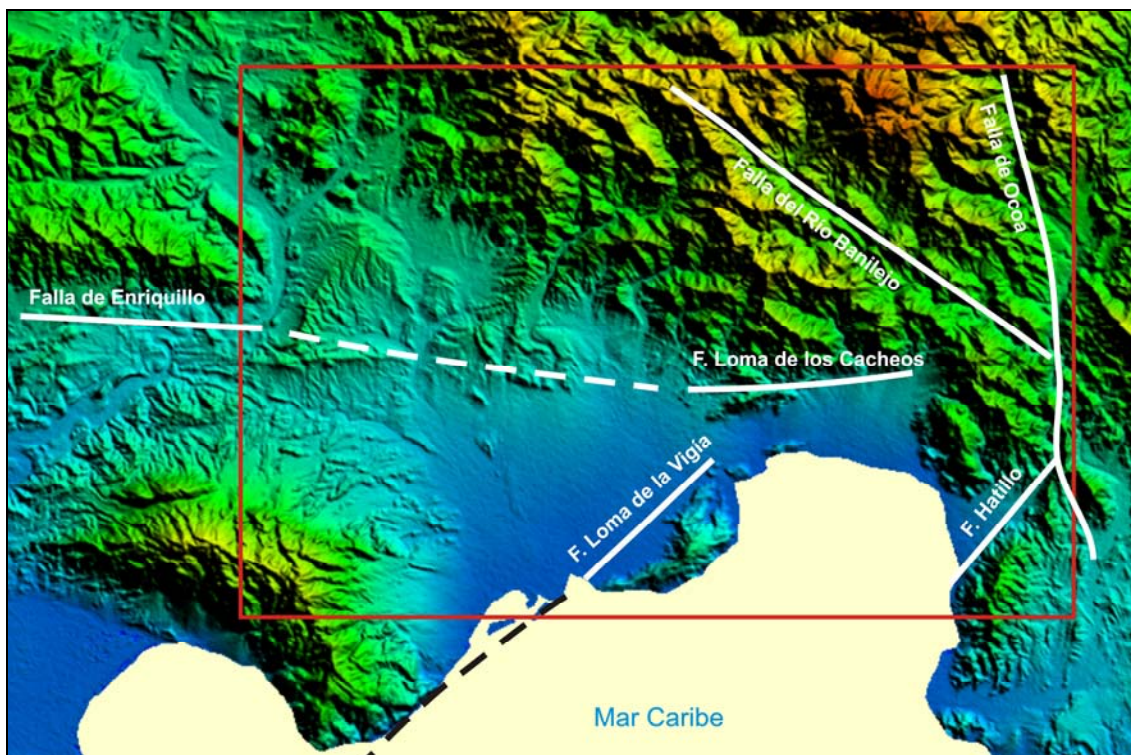


Fig. 3.1. Principales fallas con expresión morfológica de la Hoja de Ázua

Predominan las *fallas en dirección* sinistras de orientación NO-SE a ESE-ONO, directriz característica de la Cordillera Central, destacando la del río Banilejo, de más de 10 km de longitud, aunque también existen fallas destacadas de orientación N-S, como la del valle del río Ocoa. Entre las *fallas inversas* o *cabalgamientos* destacan las de: San José-Restauración, que con dirección NNO-SSE transcurre por el sector

nororiental, separando los materiales cretácicos del Grupo Tireo de los paleógenos del Cinturón de Peralta; y San Juan-Los Pozos (Foto 3.1), mediante la que los materiales del Grupo Peralta cabalgan sobre la serie neógena de la cuenca de San Juan-Ázua, si bien en los casos en los que la expresión morfológica de ésta es más acusada, el límite coincide con el límite de depósitos cuaternarios, por lo que no ha sido representada.



Foto 3.1. Cabalgamiento de San Juan-Los Pozos, con clara expresión morfológica por contraste orográfico entre la Cordillera Central y la Llanura de Ázua

En torno a la bahía de Ocoa se observa un arqueamiento de las estructuras subparalelo al litoral, debido a la acción de la indentación de la cresta oceánica de Beata: Entre las fallas afectadas por este arqueamiento cabe destacar las fallas de Hatillo y el cerro de los Cacheos, ésta probablemente relacionada con la terminación oriental de la falla de Enriquillo. En algunos casos, el salto vertical de la falla es denunciado por el desnivel coincidente con el límite entre la cordillera y la llanura al norte de Estebanía.

En relación con el plegamiento, cabe destacar la existencia de diversos *anticlinales con expresión morfológica*, relacionados con afloramientos de la Fm Sombrero, destacando la orla discontinua que forman en torno a la bahía de Ocoa los correspondientes a la loma de la Vigía, cerros El Peñón, Fermina y de los Cacheos y loma Vieja (Fig. 3.2).

Las morfologías condicionadas por la distinta resistencia ofrecida por los materiales aflorantes a la erosión, o litoestructurales, también se encuentran muy repartidas, destacando las *líneas de capa monoclinales*, generalmente con *escarpe*, más

frecuentes en relación con las Fms. Arroyo Blanco (Foto 3.2) y Sombrerito y con los niveles de conglomerados y calizas de la Fm Ocoa; en algunos casos, su elevado *buzamiento* ha provocado el desarrollo de *crestas* o *barras*; en ocasiones, también conservan *superficies estructurales*, indicativas de su *rumbo* y *buzamiento*, siendo éste generalmente moderado en los materiales neógenos y alto en los paleógenos.

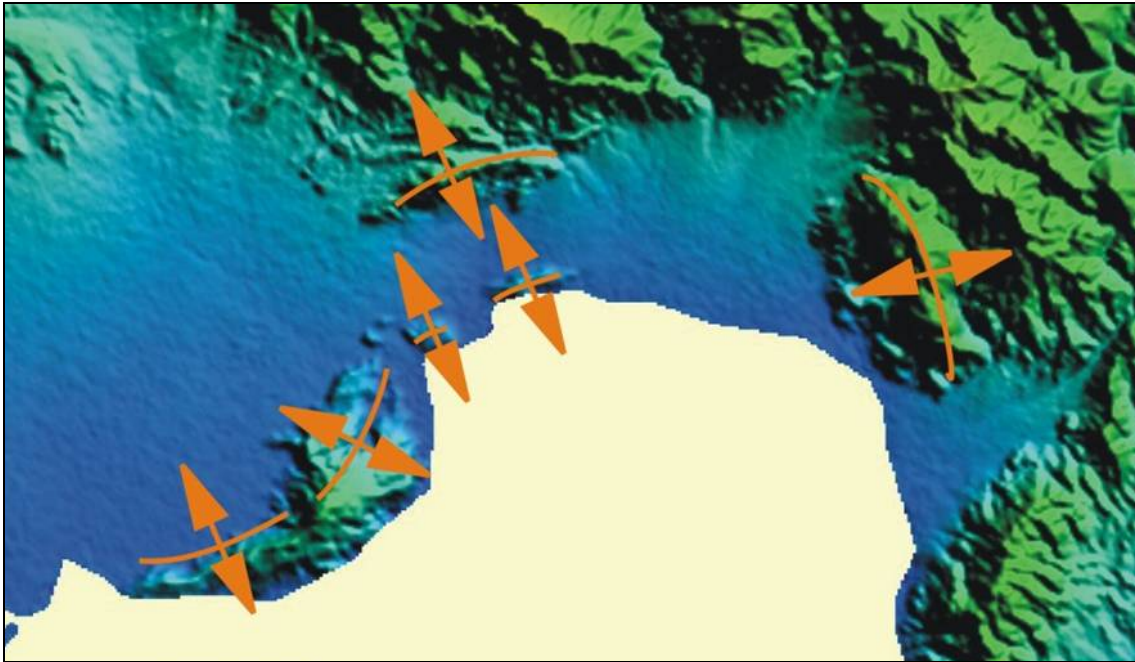


Fig. 3.2. Anticlinales con expresión morfológica arqueados en torno a la bahía de Ocoa

A estas formas litoestructurales hay que añadir los *cerros cónicos* elaborados en relación con diversos conjuntos como respuesta a procesos selectivos de meteorización.

3.1.2. Formas volcánicas

Las manifestaciones volcánicas se distribuyen por el sector noroccidental, enmarcándose en la región volcánica de Constanza-Yayas de Viajama, de afinidad calco-alcalina, y de forma más concreta, en la provincia de Yayas de Viajama-Padre Las Casas, excepción hecha del afloramiento más meridional, el del cerro El Mogote, atribuido a la región volcánica de San Juan de la Maguana, de tendencia alcalina.

La provincia de Yayas de Viajama-Padre Las Casas posee una gran cantidad de afloramientos de pequeñas dimensiones, con frecuencia *centros de emisión* (Foto 3.3) de los que parten numerosas *coladas*, difíciles de reconocer en el paisaje por la notable acción de la morfogénesis cuaternaria sobre ellos; en cualquier caso, sus

variaciones composicionales y texturales hacen difícil su correlación. A grandes rasgos, parece reconocerse un episodio inicial de composición basáltica, seguido por otro de predominio traquiandesítico, alcanzándose en éste una mayor extensión de afloramiento.



Foto 3.2. Líneas de capa monoclinales en un afloramiento de la Fm Arroyo Blanco, junto al río Yaque del Sur

Pese a la precariedad de dataciones existentes, el volcanismo calco-alcalino parece seguir una progresión temporal regional de SO a NE, de forma que el sector de Yayas de Viajama registraría los episodios iniciales (Gómez, 2000). Aunque el conjunto basáltico parece ser previo al traquiandesítico, el similar grado de conservación de sus formas resultantes no permite confirmar esta idea, ni facilita su individualización cartográfica. En cuanto al magmatismo alcalino, su escasa representación en la Hoja permite pocas aportaciones al respecto, aunque regionalmente parece seguir una progresión temporal de O a E, de forma que sus representantes en la zona corresponden a sus episodios más recientes, más modernos en cualquier caso que los de afinidad calco-alcalina.

Se trata de formas claramente generadoras de relieves positivos, que se superponen a la morfoestructura neógena, de forma que los centros de emisión constituyen los picos más destacados en sus áreas de emisión; entre ellos cabe señalar los cerros de Paso

del Limón y La Laguna, así como las lomas de los Puercos, de Oro, de Mesetas, del Boquerón, de los Chivos y Mesa de los Limones, todos ellos con formas a modo de cabezos. En cuanto a las coladas, son de viscosidad elevada y, por tanto, de escasa movilidad, pero favorecidas por las elevadas pendientes han llegado a recorrer distancias algo superiores a 1 km, como en el caso de las lomas del Boquerón, La Regadera o Los Platanitos.

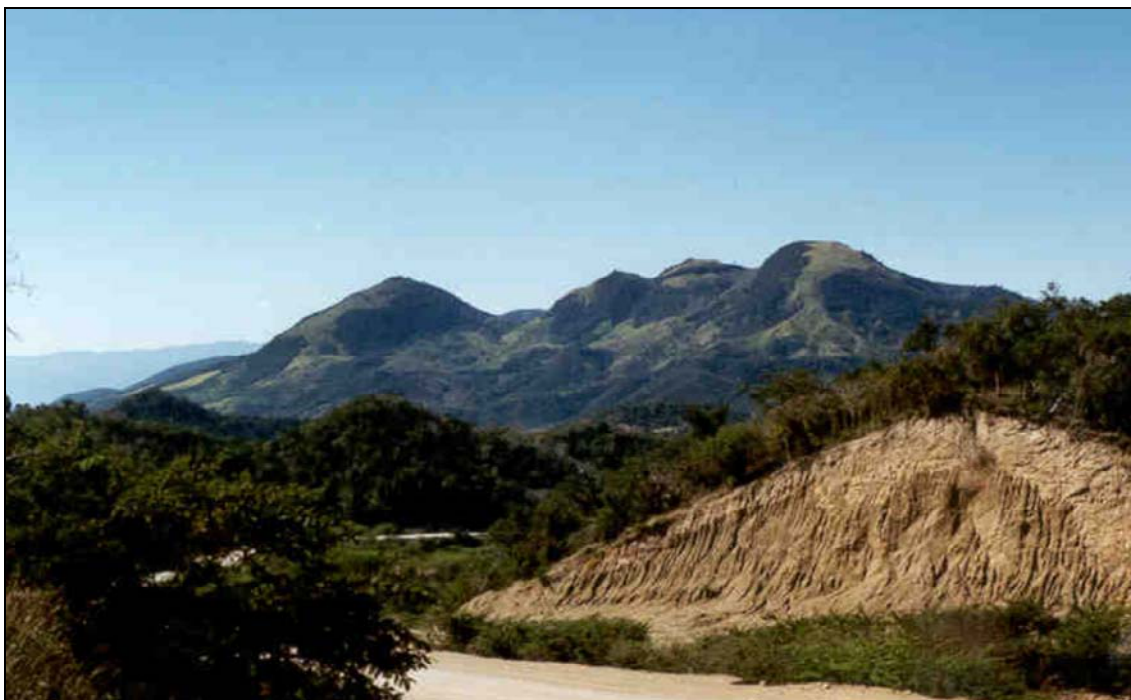


Foto 3.3. Centros de emisión de los cerros de Paso Limón y las lomas de los Puercos y de Oro, en las inmediaciones de Yayas de Viajama

3.2. Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Cordillera Central, las sierras de Martín García y Neiba, la Llanura de Ázua y el Valle de San Juan, tiene como resultado una expresión sensiblemente diferente. Así, el modelado de la cordillera y las sierras es el producto de una larga evolución presidida por los procesos sedimentarios y tectónicos acaecidos a lo largo del Terciario principalmente, generadores de un relieve positivo sobre el 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 y el valle, puede considerarse que la creación de su fisonomía básica se inició con la deformación de la serie neógena constituyente del relleno de

sus cuencas sedimentarias homólogas. Posteriormente, su evolución ha estado presidida por: el desarrollo de extensos abanicos aluviales que orlaron los sistemas montañosos extendiéndose por la llanura, el encajamiento del río Yaque del Sur en el sector occidental y la dinámica marino-litoral en la franja costera.

Además de los anteriores, también han participado en mayor o menor medida en la construcción del relieve actual de la zona los procesos endorreicos, por meteorización química, poligénicos y antrópicos.

3.2.1. Formas gravitacionales

Su máxima representación se produce, con mucho, en la Cordillera Central, donde se ven favorecidas por los importantes desniveles existentes; su desarrollo es muy inferior en las sierras de Neiba y Martín García, especialmente por la abundancia de materiales calcáreos, menos favorables para el desarrollo de este tipo de formas que los materiales margosos y detríticos de los grupos Peralta y Río Ocoa. En cualquier caso, se trata de formas efímeras, ya que la propia dinámica de retroceso de las vertientes provoca su permanente evolución, y también difíciles de reconocer debido al rápido enmascaramiento que sufren por el desarrollo de la vegetación en la cordillera.

Las más extendidas son los *deslizamientos*, desarrollados especialmente a favor de las margas de las Fms. El Número y Ocoa, como consecuencia de la convergencia de varios factores: su carácter plástico, las elevadas pendientes de sus afloramientos, las abundantes precipitaciones y la ocurrencia de eventos sísmicos. Pese a su rápido enmascaramiento, son numerosos los ejemplares cartografiables observados, de hasta 4 km² de superficie, aunque con frecuencia son sus *cicatrices* su principal elemento reconocible. Menor representación poseen los *coluviones*, formados como respuesta al desequilibrio provocado en las laderas por la erosión fluvial. En relación con el modelado de las vertientes, son notables los *cambios bruscos de pendiente*, especialmente entre las llanuras y las áreas montañosas (Foto 3.4), si bien no han sido representados en la mayor parte de los casos por coincidir con el límite de diversas formaciones superficiales.

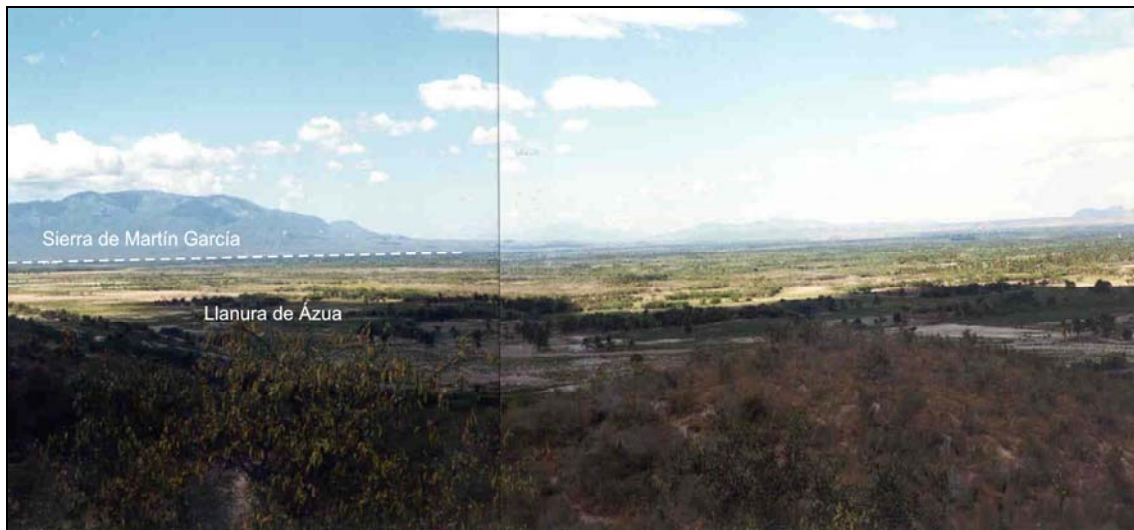


Foto 3.4. Cambio brusco de pendiente entre la Sierra de Martín García y la Llanura de Ázua, desde la loma de la Vigía

3.2.2. Formas fluviales y de escorrentía superficial

Son con mucho las más extensamente representadas y las más ampliamente distribuidas, especialmente en la Llanura de Ázua y el Valle de San Juan, donde integran la mayor parte de su superficie, aunque también poseen un notable desarrollo en las zonas montañosas. Destacan por su extensión los sistemas de abanicos aluviales que orlan la Cordillera Central y la Sierra de Martín García, y por su variedad, el cortejo de depósitos asociado al río Yaque del Sur, entre las que se reconocen: fondo de valle, llanura de inundación, barras, cauces y meandros abandonados y terrazas.

Los *fondos de valle* y los *fondos de cañada torrencial* son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual, habiéndose diferenciado en base a su funcionamiento y tipo de depósito. Debido a su mayor aridez, en los sectores meridional y occidental predominan las cañadas de dinámica torrencial, considerándose como fondos de valle los ligados a cursos de régimen permanente, nacidos en su mayor parte en la Cordillera Central. En general, se trata de formas estrechas y alargadas coincidentes con el canal de estiaje, destacando por su longitud los de los ríos Ocoa, Banilejo, Jura y Yaque del Sur, además de los arroyos Viajama y Tábara.

Como se ha señalado, pese a su reducida representación en la Hoja, el elemento fluvial más destacado es el río Yaque del Sur, que avanza desde el oeste por el Valle

de San Juan, girando bruscamente en el ámbito de la Hoja para adentrarse en la Hoya de Enriquillo. Su fondo de valle posee un carácter más o menos divagante en el seno de una *llanura de inundación* de anchura kilométrica, dentro de la cual se reconocen *barras*; en su extremo meridional, la llanura se estrecha, reconociéndose en su margen derecha un ancho *cauce o meandro abandonado*. Las llanuras de inundación son zonas especialmente sensibles a los efectos de los huracanes y las tormentas tropicales (como puso en evidencia en la zona el huracán Georges en 1998), que modifican periódicamente su fisonomía, efecto acrecentado por el arrasamiento de la vegetación allí desarrollada, que no obstante, se recupera con gran rapidez.

El catálogo de formas con depósito del Yaque se completa por su sistema de *terrazas*, en el que se reconocen diversos niveles que arbitrariamente han sido incluidos en tres grupos: terrazas altas, con cotas superiores a +60 m sobre el cauce actual; terrazas medias, dispuestas a cotas de +20-60 m; y terrazas bajas, con cotas inferiores a +20 m. Pueden aparecer con dispositivos colgados, frecuentes en los niveles más elevados, o solapados, comunes entre los niveles más bajos, estando limitadas generalmente por un marcado *escarpe* hacia el valle.

Otros cursos fluviales poseen también importantes depósitos asociados, aunque menos variados y extensos. Cabe señalar el río Ocoa por la variedad de sus niveles de terrazas, el río Banilejo por la extensión de éstos, y el río Jura y los arroyos Viajama y Tábara por la extensión de sus llanuras de inundación.

Los *conos de deyección* y los *abanicos aluviales* poseen su máxima representación en la Llanura de Ázua, donde tapizan la mayor parte de su superficie, procedentes de la Cordillera Central y la Sierra de Martín García. Se forman 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; cuando los ápices se encuentran próximos entre sí, se producen formas coalescentes. En algún caso, alcanzan longitudes superiores a 10 km con respecto al ápice, destacando por sus dimensiones los relacionados con el río Jura. Se han reconocido diversos sistemas encajados, variables según las zonas, bien visibles en el sector oriental de la llanura, donde se observa su progresivo avance hacia el sur. En base a sus características geométricas y su cronología se han diferenciado tres sistemas principales.

El sistema más antiguo aparece diseminado, a modo de retazos difícilmente reconocibles; en los cerros de Tierra Colorada se disponen a +100 m con respecto al

río Jura. El sistema intermedio engloba probablemente diversas generaciones difícilmente correlacionables debido a la desconexión de la mayoría de los conos y abanicos, caracterizándose por mostrar un retoque erosivo que, aunque variable de unos cuerpos a otros, indica que ya no son funcionales. Por su parte, el sistema más moderno agrupa los dispositivos potencialmente activos, como se deduce de su mínimo retoque erosivo.

En el ámbito de la Boca de la Mula, la escorrentía de los relieves plio-cuaternarios se resuelve principalmente mediante *mantos de arroyada* extendidos hacia el río Yaque del Sur. Se manifiestan como mantos de reducido espesor y mínima jerarquización, con una longitud ligeramente superior a 1 km.

Entre las formas erosivas predomina la *incisión lineal*, ampliamente distribuida por las zonas montañosas, donde su intensidad ha dado lugar a *gargantas* y *desfiladeros*, destacando los del río Banilejo; los frecuentes desniveles de los cauces en las zonas montañosas se plasman en importantes *saltos de agua*, de entre los que cabe señalar por su accesibilidad el de la Chorrera de Río Grande (Foto 3.5). Entre los distintos elementos fluviales es frecuente la presencia de *aristas*, que en las zonas más elevadas adquieren carácter de *divisorias montañosas*, destacando la que individualiza la cuenca del río Ocoa de las cuencas que vierten a la bahía del mismo nombre. La notable erosión remontante ha dado lugar a *capturas*, destacando la relacionada con el desvío del Yaque del Sur hacia la Hoya de Enriquillo, cuyas causas no han sido concluyentemente establecidas.

Entre los *manantiales* existentes cabe destacar el de Bichí, tratándose en cualquier caso de formas ocasionales en la llanura, a diferencia de las *pérdidas de drenaje* por procesos de infiltración, muy frecuentes entre los cursos que alcanzan la llanura, pudiendo decirse lo mismo de la *erosión lateral del cauce* en los segmentos más sinuosos de los cursos fluviales principales. Completan las formas fluviales de carácter erosivo los *escarpes*, si bien escasean los de origen exclusivamente fluvial, y las *cárcavas*, especialmente ligadas a los afloramientos de materiales neógenos, principalmente de las Fms. Trinchera y Arroyo Blanco.

3.2.3. Formas lacustres y endorreicas

Se trata de lagunas y áreas pantanosas y endorreicas de escasa entidad, diseminadas por toda la zona, aunque son más abundantes por la franja costera.



Foto 3.5. Chorrera de Río Grande (Ázua)

Las *lagunas* poseen carácter *permanente* o *estacional*, según los casos, pudiendo aparentar su total desecación. Su origen es variado, pudiendo relacionarse con la dinámica litoral o con la existencia de depresiones kársticas, como en el caso de la laguna Los Flamencos. Las *áreas endorreicas* poseen una representación inferior, destacando la de la Sabana de Miguel Martín, generada por los procesos volcánicos. Por lo que respecta a las *áreas pantanosas*, su principal desarrollo se relaciona con la llanura de inundación del curso bajo del río Jura, tratándose de zonas con drenaje deficiente debido a las bajas pendientes y generalmente encharcadas y colonizadas por abundante vegetación.

3.2.4. Formas marinas-litorales

Poseen una notable representación en torno a la bahía de Ocoa, mostrando además una cierta variedad.

La influencia de las mareas se percibe por la presencia de una *marisma baja*, sometida a la influencia de las mareas diarias y colonizada por un manglar, desarrollada principalmente en el ámbito de Pueblo Viejo. En esta misma zona también se ha desarrollado una *marisma alta*, situada en la zona de influencia de las mareas excepcionales. Como consecuencia de la tendencia ascendente de la región,

las marismas sufren un ascenso paulatino que culmina mediante su aislamiento de la influencia marina, configurando entonces *llanuras intermareales abandonadas*, espectaculares planicies de muy baja pendiente, que se pueden extender varios kilómetros hacia el interior.

En las zonas de costa baja es frecuente la presencia de un *cordón litoral*, que se dispone como una franja paralela a la línea de costa, de 10 a 500 m de anchura y hasta 4 m de altura. Su morfología está definida por el desarrollo longitudinal de dunas, que en algunos casos acumulan bloques de calizas coralinas (Foto 3.6) de tonos blanquecinos, negruzcos por alteración, correspondientes a *huracanitas*. A lo largo de estos litorales bajos se extienden *playas* estrechas, tanto de *arena* como de *cantos*.

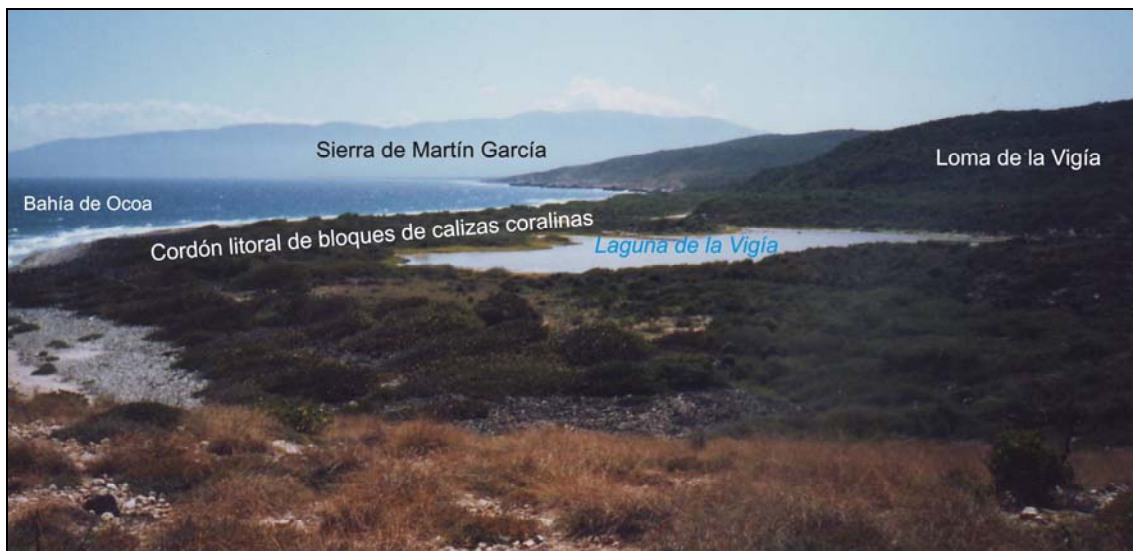


Foto 3.6. Cordón litoral integrado por fragmentos coralinos, cerrando la laguna de las Salinas de La Vigía

El litoral de la loma de la Vigía y de los cerros Fermina y El Peñón posee carácter abrupto, con *acantilados* de varias decenas de metros de desnivel. En estos mismos relieves existen *plataformas de abrasión* (Foto 3.7), con frecuencia *degradadas*, que atestiguan la elevación de la zona

3.2.5. Formas originadas por meteorización química

Se trata de un grupo de formas poco extendido, estando prácticamente restringidas a los afloramientos calcáreos de la Fm Sombrerito, diseminados por la Llanura de Ázua, destacando las lomas Vieja y de la Vigía, extendiéndose por ésta un *campo de lapiaz desnudo*, con abundantes formas de disolución de pequeña escala.



Foto 3.7. Acantilado y plataforma de abrasión esculpida a techo de la Fm Sombrerito junto a las Salinas de la Vigía

Las formas más extendidas son las *dolinas*, depresiones que poseen formas redondeadas o elipsoidales, cuyo eje mayor puede alcanzar un diámetro de orden kilométrico, como en el caso de la dolina de la laguna Los Flamencos, depresión de más de 80 m de profundidad; en algunos casos han sido *capturadas* por la red de drenaje. Con frecuencia, la confluencia de dos o más dolinas ha dado lugar al desarrollo de *uvalas*.

3.2.6. Formas poligénicas

Se incluyen en este grupo las formas cuya morfogénesis puede atribuirse a la acción simultánea o sucesiva de más de un proceso genético. Aunque se distribuyen por toda la zona, son más frecuentes en las zonas montañosas.

Las más destacadas son los *picos principales*, dispuestos en la mayor parte de los casos a lo largo de las divisorias hidrográficas principales, destacando el Tetero Megía en la Cordillera Central y la loma Fría en la Sierra de Martín García. En el sector septentrional se observan pronunciados *escarpes*, de varios centenares de metros de desnivel.

Como formas con depósito cabe señalar los *pedemontes*, distribuidos por toda la zona, con grados de encajamiento muy variables y con frecuencia exhibiendo un marcado *reborde de depósito*. Se configuran como planicies colgadas con respecto a la red fluvial actual. Finalmente, cabe señalar los *cerros cónicos*, resultado de procesos de erosión selectiva.

3.2.7. Formas antrópicas

La actividad antrópica constituye una importante característica en diversas zonas, estando relacionada principalmente con la modificación del paisaje debida a los usos del suelo para actividades agropecuarias, labores extractivas, 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, habiéndose diferenciado exclusivamente las *salinas* de Puerto Viejo.

4. FORMACIONES SUPERFICIALES

Se consideran como tales todas aquellas formas con depósito, consolidado o no, relacionadas con el modelado del relieve actual. Su principal característica es su cartografiabilidad, definiéndose por una serie de atributos como geometría, tamaño, génesis, litología, textura, potencia y cronología; los tres primeros han sido tratados en el estudio del modelado, abordándose a continuación los aspectos relacionados con litología, textura, potencia y cronología, si bien ésta tiene carácter tentativo en la mayor parte de los casos ante la precariedad de las dataciones existentes.

4.1. Formaciones volcánicas

4.1.1. Basaltos. Centros de emisión y coladas (a). Plioceno-Cuaternario

Corresponden a una serie de centros de emisión aislados, con coladas asociadas, sin que en ningún caso lleguen a formar un conjunto volcánico tan extenso como el correspondiente a las traquiandesitas de la siguiente unidad (b).

Aparecen como rocas porfídicas negras a grises de aspecto uniforme, en ocasiones de tonos verdosos. En lámina delgada se observan fenocristales de olivino transformados en buena medida a iddingsita, en una matriz micro a criptocristalina, habiendo sido clasificadas como basaltos andesíticos augítico-olivínicos y basaltos olivínico-piroxénicos (Gómez, 2000).

De acuerdo con el grado de conservación de los edificios y su afinidad, parece que los más antiguos y desmantelados son sendos afloramientos del sector noroccidental (loma del Guano y La Trinchera), que han sido cubiertos por las emisiones traquiandesíticas. Sin embargo, los centros de emisión de la loma de los Chivos y del Firme de Manuel Chiquito presentan un mejor grado de conservación, habiendo dado lugar a coladas que se han deslizado hasta las proximidades de arroyos tributarios del Viajama.

Con respecto a su edad, su pertenencia a la provincia calco-alcalina de Yayas de Viajama-Padre Las Casas, donde una datación radiométrica por K/Ar ha señalado una edad de 1,8-2,7 Ma (Electroconsult, 1983; OLADE, 1980), sugiere su pertenencia al Plioceno-Pleistoceno, si bien el grado de conservación del centro de emisión sugiere su pertenencia al Cuaternario exclusivamente.

4.1.2. Traquiandesitas y traquitas. Centros de emisión y coladas (b). Cuaternario

Constituyen la litología volcánica dominante en la Hoja, presentando un aspecto uniforme. Sus coladas son relativamente potentes, con bases y techos escoriáceos, entre los que se dispone la parte central masiva, que puede presentar disyunción columnar. En los centros de emisión se observan zonas más masivas que destacan en el relieve por erosión diferencial, con algunas facies que pueden corresponder a pequeños cuerpos domáticos o subintrusivos.

En muestra de mano se observa que se trata de rocas de color grisáceo, destacando los fenocristales de plagioclasa, siendo visibles en la mayoría de las ocasiones agujitas de anfíbol. Algo menos frecuente es la presencia de piroxeno y/o biotita. Un gran porcentaje de las muestras tomadas en esta unidad se pueden clasificar petrográficamente como traquiandesitas con anfíbol o traquiandesitas augítico-anfibólicas (Gómez, 2000). En general son porfídicas, si bien el porcentaje de fenocristales (5-35%) y su tamaño (1,2-5,0 mm, generalmente), son muy variables, existiendo toda una seriación hasta confundirse con la matriz. Los fenocristales de anfíbol suelen tener formas alargadas, al igual que la plagioclasa. La matriz está constituida mayoritariamente por plagioclasa, augita, apatito y opacos; ocasionalmente, en algunas muestras aparecen trazas difíciles de identificar de un posible feldespato alcalino. Entre los minerales secundarios, los más comunes son la epidota y los carbonatos, aunque también puede haber ocasionalmente cuarzo intersticial rellenando microfisuras.

En cuanto a su edad, los datos radiométricos por K/Ar para datar estas rocas han aportado una edad de 1,8-2,7 Ma (Olade 1980; Electroconsult, 1983), aunque como se indicó en la unidad anterior, el grado de conservación sugiere su pertenencia exclusiva al Cuaternario.

4.2. Formaciones gravitacionales

4.2.1. Bloques y lutitas. Deslizamiento (c). Holoceno

Muestran un notable desarrollo en la Cordillera Central a favor de los afloramientos margosos de las Fms. El Número y Ocoa, por lo que se trata de masas desorganizadas de naturaleza lutítica que incluyen bloques de calizas y conglomerados que pueden sobrepasar 10 m de diámetro.

No se ha observado corte alguno que permita determinar su espesor, muy variable en cualquier caso en función de la envergadura de la masa deslizada. No obstante, es posible que en los de mayores dimensiones se alcancen los 100 m. El hecho de ser reconocidos pese a la rápida destrucción o enmascaramiento que sufren estas de formas, sugiere su pertenencia al Holoceno.

4.2.2. Cantos, arenas y lutitas. Coluvión (d). Holoceno

La constante evolución de las vertientes hace que sean depósitos efímeros, habiéndose reconocido escasos ejemplares pese a las elevadas pendientes de buena parte de la zona. Se trata de una asociación de cantos heterométricos en matriz lutítica, en la que la naturaleza de sus componentes es función de la del área madre correspondiente.

Su espesor, muy variable, se estima en 5-10 m. Al igual que en el caso de los deslizamientos, el propio hecho de su identificación en una zona de rápida evolución del relieve, sugiere su pertenencia al Holoceno.

4.3. Formaciones fluviales

4.3.1. Gravas, arenas y lutitas. Abanicos aluviales y conos de deyección (e, g, l). Pleistoceno-Holoceno

Son el principal constituyente de la Llanura de Ázua, donde orlan la Cordillera Central y la Sierra de Martín García, así como los relieves constituidos por los materiales neógenos de la propia llanura. También aparecen bien representados en algunos valles y depresiones de la cordillera. Configuran extensas planicies de deficiente calidad de afloramiento, si bien existen cortes de excelente calidad en los ríos, arroyos y cañadas incididos en ellos.

Están integrados por proporciones variables de gravas y arenas, cuya composición es función del área madre, observándose integrantes de naturaleza volcánica, calcárea y areniscosa, principalmente, que se agrupan en niveles de orden decimétrico a métrico; las gravas son redondeadas y heterométricas, con bloques cuyo diámetro sobrepasa con frecuencia los 50 cm. En ocasiones, incluyen proporciones variables de lutitas, especialmente cuando derivan de los afloramientos margosos de las Fms. El Número y Ocoa. Su espesor también es muy variable, tanto entre los diversos aparatos como

dentro de cada uno de ellos, pudiendo señalarse valores máximos cercanos a 100 m en los ápices de los más relevantes.

Los más antiguos (e) son claramente posteriores a los materiales de relleno de la Cuenca de Ázua, lo que limita su edad al Pleistoceno pese al gran retoque erosivo que los afecta y que provoca que su reconocimiento sea complicado en algunos casos. Por el contrario, los más modernos (l) poseen funcionalidad actual, por lo que se asignan al Holoceno. Entre ambos grupos existe un nutrido grupo de formas claramente reconocibles, pero afectadas por una notable disección fluvial, que indica su carácter relictivo (g), habiendo sido asignados al Pleistoceno, sin que deba descartarse su pertenencia parcial al Holoceno; en cualquier caso, probablemente este grupo englobe diversas generaciones difícilmente correlacionables debido a su desconexión espacial. La relación entre estos tres grupos es visible al norte de Estebanía y Las Charcas.

4.3.2. Gravas, arenas y lutitas. Terraza (f, h, i). Pleistoceno

Sus principales manifestaciones se encuentran ligadas a los ríos Yaque del Sur, Ocoa y Banilejo, encontrándose numerosas formas asociadas a otros ríos y arroyos, pero con un desarrollo inferior. Los tres grupos diferenciados, clasificados informalmente como terrazas altas (f), medias (h) y bajas (i), poseen coloraciones ocre, rojizas y negruzcas, variación debida a su composición diversa, estando constituidas por gravas polimícticas con predominio de cantos de origen volcánico, volcano-sedimentario, calcáreo y arenoso, según las zonas, en matriz arenosa, observándose niveles de lutitas; el tamaño de los cantos varía notablemente, predominando los diámetros de 5-15 cm. Su potencia oscila entre 2 y 15 m.

Por lo que respecta a su edad, en función del grado de incisión de la red actual en ellas, se atribuyen tentativamente al Pleistoceno Superior, aunque no debe descartarse que el nivel más moderno pertenezca, al menos parcialmente, al Holoceno.

4.3.3. Gravas, arenas y lutitas. Cauce o meandro abandonado (j). Llanura de inundación (k). Pleistoceno-Holoceno. Gravas y arenas. Barras (n). Holoceno

Poseen una importante representación, especialmente en el caso de los ríos Yaque del Sur, Ocoa y Jura, así como en los arroyos Viajama y Tábara, en los que configuran bandas de anchura kilométrica constituidas por gravas polimícticas y arenas, con

intercalación de niveles lutíticos (k), en las que se encajan los fondos de valle. Entre las gravas predominan los componentes de origen volcánico, volcano-sedimentario, calcáreo y arenoso, con diámetros de 10-20 cm, si bien algunos elementos pueden sobrepasar 1 m.

Entre todas estas formaciones destaca la relacionada con la llanura de inundación del río Yaque del Sur, que en planta aparece como una banda surcada por numerosas barras, en las que se observa un predominio de gravas y arenas (n), aunque de granulometría inferior. La deriva del cauce ha propiciado la formación de cauces y meandros abandonados, que muestran un cierto contenido lutítico (j). Al igual que ocurre con los fondos de valle y las terrazas, sus componentes tienen composición muy variable, dependiendo de las zonas. El espesor de todos estos depósitos es difícil de determinar ante la ausencia de cortes, pero debe fluctuar entre 2 y 10 m.

Por su dinámica actual, la llanura de inundación y las barras se asignan al Holoceno, si bien la llanura probablemente comenzase su depósito a finales del Pleistoceno, al igual que los cauces o meandros abandonados en ella.

4.3.4. Gravas, arenas y lutitas. Mantos de arroyada, aluvial-coluvial (m). Holoceno

Se trata de depósitos moderadamente evolucionados y escasamente representados, procedentes del desmantelamiento de relieves constituidos por las Fms. Arroyo Blanco y Arroyo Seco. No se han encontrado cortes de detalle que permitan su descripción detallada, observándose en cualquier caso el predominio de arenas, entre las que se intercalan niveles decimétricos a métricos de lutitas. Lógicamente, su espesor debe variar en función del paleorrelieve plio-cuaternal sobre el que se disponen, posiblemente con valores de orden métrico. Por su actividad actual se asignan al Holoceno.

4.3.5. Gravas, arenas y lutitas. Fondo de valle (ñ). Gravas y arenas. Fondo de cañada torrencial (o). Holoceno

Los fondos de valle y de cañada torrencial están constituidos fundamentalmente por gravas y arenas de naturaleza variada, pudiendo presentar predominio lutítico en algunos casos. Las gravas contienen cantos redondeados heterométricos, con un valor orientativo de su diámetro de 10-20 cm. Aunque no existen cortes que permitan determinar su espesor, sin duda éste puede variar notablemente en función del curso

en cuestión; en los de mayor envergadura podría alcanzar 5 m. Por su actividad actual se asignan al Holoceno.

4.4. Formaciones lacustres-endorreicas

4.4.1. Lutitas. Fondo endorreico (p). Holoceno

Debido a su reducida representación, poco puede decirse de su composición ante la falta de cortes, tan sólo su composición lutítica de tonos oscuros. Su espesor tampoco ha sido determinado, aunque sin duda varía sensiblemente en función de las dimensiones del fondo, pero probablemente esté comprendido entre 2 y 4 m. Se incluyen en el Holoceno.

4.4.2. Lutitas con materia orgánica. Área pantanosa (q). Holoceno

Su principal manifestación se encuentra ligada a la llanura de inundación del río Jura, en las proximidades de su desembocadura. Se trata del depósito de áreas de drenaje deficiente, constituido por lutitas oscuras con un cierto contenido de materia vegetal. Su espesor no ha sido determinado, aunque debe acercarse a 2-3 m. Por su actividad actual se enmarcan en el Holoceno.

4.4.3. Lutitas. Laguna (r). Holoceno

Se encuentran escasamente representadas, estando repartidas principalmente por la zona costera. Se trata de lutitas oscuras cuyo espesor no ha sido determinado, aunque debe aproximarse a 2-3 m. Se asignan al Holoceno por su dinámica actual.

4.5. Formaciones marinas-litorales

4.5.1. Lutitas. Llanura intermareal abandonada (s). Pleistoceno-Holoceno. Marisma alta (t). Marisma baja (u). Holoceno

Se agrupan en el presente apartado los depósitos relacionados con los procesos mareales, de carácter eminentemente lutítico con cierto contenido arenoso y un notable contenido de materia orgánica en el caso de la marisma baja, como consecuencia de su colonización por el manglar. No se ha observado corte alguno que permita una detallada descripción de las unidades, ni tampoco el establecimiento de su espesor, aunque se estiman espesores de 3-5 m para este tipo de depósitos.

Las marismas o llanuras intermareales abandonadas se han asignado al Pleistoceno, no debiendo descartarse que, al menos en algunos casos, correspondan al Holoceno. Por su parte, las marismas altas y bajas se han incluido en el Holoceno por su dinámica actual.

4.5.2. Bloques, cantos y arenas. Cordón litoral y huracanitas (v). Arenas. Cordón litoral (w). Holoceno

Constituyen una franja de anchura variable, pero generalmente de orden decamétrico y en cualquier caso inferior a 500 m, paralela a la línea de costa en buena parte de la bahía de Ocoa. En ocasiones poseen su típico aspecto de cordón (w), a modo de sucesión continua de dunas constituidas por arenas finas a medias, siendo el sector oriental de Puerto Tortuguero donde mejor se observa este tipo de depósitos; en cualquier caso, son poco evidentes a primera vista por la colonización desarrollada por la vegetación, que además dificulta su migración.

Con frecuencia, estas morfologías a modo de cordones engloban fragmentos de tamaños decimétricos de calizas coralinas blancas, negruzcas por alteración, probablemente acumulados por eventos de tipo catastrófico, interpretándose en este caso como huracanitas.

En el frente de los cordones se instalan extensas playas arenosas o de cantos, pero la escala de trabajo tan sólo ha permitido su diferenciación como formas lineales. Debido a su actividad actual, todos estos depósitos se asignan al Holoceno.

4.6. Formaciones originadas por meteorización química

4.6.1. Arcillas de descalcificación. Fondo de dolina o uvala (x). Plioceno-Holoceno

Corresponden a arcillas rojas de aspecto masivo, que constituyen el producto de la descalcificación de los materiales calcáreos por acción de procesos kársticos. Sus principales manifestaciones se localizan en los afloramientos de la Fm Sombrerito que orlan la bahía de Ocoa. Su espesor debe variar en función de la envergadura de los procesos de disolución, pudiendo superar 3 m.

En cuanto a su edad, se han asignado de forma bastante imprecisa al Plioceno-Holoceno, ya que su origen pudo tener lugar durante la emersión de dicha formación.

4.7. Formaciones poligénicas

4.7.1. Gravas, arenas y lutitas. Piedemonte (y). Pleistoceno

Su composición varía ligeramente en función de su área madre, si bien predominan las gravas de cantos calcáreos y volcánicos; el tamaño de los cantos y bloques también sufre variaciones notables de acuerdo con la distancia a los relieves, pudiendo superar 50 cm de diámetro. Las arenas aparecen en menor proporción, mostrando una composición litarenítica. En cuanto a las arcillas, poseen carácter subordinado, confiriendo tonalidades rojizas 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 el paso de algunos huracanes recientes (David, Georges), invita a no descartar que los niveles más bajos puedan corresponder al Holoceno.

4.8. Formaciones antrópicas

4.8.1. Sales. Salinas (z). Holoceno

Constituyen el único depósito antrópico de la zona, debiéndose su formación al típico proceso de encharcamiento y evaporación. Tanto la zona encharcada como las acumulaciones de sal sufren modificaciones temporales en función de la propia dinámica de las salinas.

5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

Si bien la morfología de la zona está influenciada por los procesos acaecidos a lo largo de la historia de la Cordillera Central y las sierras de Martín García y Neiba, iniciados en el Mesozoico, su fisonomía actual empieza a perfilarse durante el Plioceno, cuando se produjo el plegamiento de las potentes sucesiones marinas miocenas depositadas en el sector suroccidental de La Española. Este plegamiento produjo la elevación de dichas sierras a modo de grandes antiformes, así como el del flanco suroccidental de la cordillera. Cada uno de estos relieves constituiría una isla, quedando separadas la cordillera y las sierras por el pequeño corredor marino que configuraría la Cuenca de San Juan-Ázua. Este corredor recogería las descargas terrígenas procedentes de la cordillera, materializadas por el depósito de la Fm Trinchera, descargas debidas al desarrollo de una red fluvial precursora de la actual.

La continua tendencia ascendente de La Española provocó la somerización de los depósitos de dicha cuenca, que ya en el Plioceno, con el depósito de la Fm Arroyo Blanco habrían adquirido, al menos parcialmente, carácter continental, de modo que a partir de entonces los tres relieves formarían junto con el Valle de San Juan parte de un mismo dominio insular, en tanto que la Llanura de Ázua se configuraría como parte de una bahía sensiblemente mayor que la actual de Ocoa.

De esta forma, a finales del Terciario la zona se caracterizaría por los relieves prominentes de la Cordillera Central, al norte, drenados por enérgicos ríos que verterían sus aguas a una bahía de Ocoa cuyo litoral estaría constituido en el sector oriental por el borde meridional de la cordillera y en el occidental por los relieves configurados por los materiales de la Fm Arroyo Blanco. Probablemente, al sector occidental de la bahía llegaban desde el oeste los aportes del río Yaque del Sur, que discurriría encauzado entre la cordillera, al norte, y las sierras de Neiba y Martín García, al sur.

A lo largo del Cuaternario se han producido importantes modificaciones del relieve, provocadas por la notable actividad volcánica, erosivo-sedimentaria y tectónica de la región; esta actividad se ha sumado a la tendencia ascendente de La Española, aumentando la extensión de la superficie emergida. Por una parte, a comienzos de dicho periodo, el sector noroccidental de la zona fue objeto de un intenso volcanismo, principalmente calco-alcalino, generador de numerosas elevaciones puntuales

coincidentes con los centros de emisión, de los que partirían coladas de corto recorrido y elevadas pendientes.

También probablemente a comienzos del Cuaternario, el notable desarrollo de los abanicos aluviales correspondientes a la Fm Arroyo Seco, procedentes de la Cordillera Central, fue el detonante del brusco cambio de dirección del río Yaque del Sur. Aunque este hecho no ha sido confirmado, la observación de la topografía del sector occidental de la Hoja y de la distribución de los afloramientos de dicha formación invita a pensar que, de no haberse depositado ésta, el río no habría tenido problemas para verter sus aguas a la bahía de Ocoa (Díaz de Neira, 2004), todo ello sin perjuicio de la influencia que hayan podido tener otros fenómenos invocados previamente (De la Fuente, 1976; Mann *et al.* 1984; Taylor *et al.*, 1985), como la captura provocada por un arroyo de la Hoya de Enriquillo, la acción de la falla de Enriquillo (entre las sierras de Neiba y Martín García) o la elevación producida por la indentación de la Creta de Beata en el ámbito de la bahía de Ocoa, procesos que en ningún caso resultan excluyentes.

En cuanto a la actividad tectónica, al margen de los efectos más o menos locales que hayan podido tener diversas fallas, la mayor influencia sobre el modelado reciente ha sido provocada por la indentación de la cresta oceánica de Beata, accidente geodinámico de primer orden que ha actuado sobre el ámbito de la bahía de Ocoa a modo de cuña procedente del SSO. Entre sus efectos más visibles se encuentra el arqueamiento provocado en los materiales de la Fm Sombrerito de las lomas de la Vigía y Vieja, así como de los cerros Fermina, El Peñón y de los Cacheos, que probablemente en épocas pasadas constituyesen la prolongación oriental de la sierra de Martín García.

Otra modificación provocada por la indentación de la cresta es el cambio de orientación de las estructuras NO-SE de la Cordillera Central en el sector oriental de la Llanura de Ázua, traducido por una modificación en la dirección de aristas y divisorias, así como de los elementos de la red de drenaje. Además, la compresión de este sector ha hecho que algunos cursos fluviales que vertían hacia el este a la cuenca del río Ocoa, hayan sido capturados por la bahía de Ocoa (Díaz de Neira, 2002).

En cualquier caso, la evolución de las áreas montañosas a lo largo del Cuaternario ha estado marcada por una incesante actividad fluvial que ha dado lugar a una fuerte incisión y a un incremento de los desniveles que a su vez ha favorecido el desarrollo

de los procesos gravitacionales, destacando los deslizamientos en las áreas de sustrato margoso. Esta actividad fluvial se ha manifestado en la Llanura de Ázua principalmente por el desarrollo de extensos sistemas de abanicos aluviales.

Por lo que respecta al litoral, su dinámica ha sido sensiblemente diferente en las zonas acantiladas y en las de costa baja. En éstas, a medida que se ha elevado la zona se ha producido la migración de las marismas hacia el sur, de forma simultánea a un incremento de la superficie de las marismas o llanuras intermareales abandonadas, tapizadas posteriormente en buena medida por los abanicos aluviales procedentes del norte.

Como principales factores de la futura evolución geomorfológica de la región, deben tenerse en cuenta: la tendencia ascendente de la misma, con el consiguiente retroceso de la línea de costa y el descenso progresivo del nivel de base, circunstancias que incrementarán el poder erosivo de los elementos de la red fluvial y por tanto, la eficacia de la erosión remontante y las posibles capturas derivadas de ella; la actividad tectónica, tanto como agente creador de desnivelamientos de bloques, como de zonas de debilidad en las que la erosión actúa con mayor eficacia; la actividad gravitacional en las vertientes, especialmente en el ámbito de la Cordillera Central y la Sierra de Martín García; la dinámica costera, predominantemente erosiva en los acantilados y sedimentaria en las costas bajas; la tendencia a la colmatación de las lagunas, lagunillas y áreas pantanosas; y los retoques producidos por los fenómenos kársticos en las áreas de afloramientos calcáreos.

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 es que bajo determinadas circunstancias son susceptibles de constituir riesgo geológico. Su cartografía supone, por tanto, un inventario de procesos geológicos funcionales, siendo preciso recordar el carácter generalmente imprevisible de buena parte de los fenómenos naturales, tanto en zonas muy activas como en zonas de baja actividad geodinámica.

Los datos reflejados en la cartografía son el resultado de un reconocimiento general efectuado 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 presente 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 buena parte de la nutrida red de arroyos y cañadas, afectados por procesos erosivos y, al menos temporalmente, de 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 Ázua existe una gran variedad en cuanto a la naturaleza de los procesos activos, habiéndose reconocido diversos tipos de actividad: sísmica, volcánica, tectónica, asociada a movimientos de laderas, por procesos de erosión, de inundación y de sedimentación, asociada a litologías especiales y antrópica. En cualquier caso, son los procesos de inundación y sedimentación los que poseen una mayor representación superficial, así como una mayor continuidad temporal.

6.1. Actividad sísmica

La sismicidad es uno de los procesos activos más relevantes de La Española, como consecuencia de su situación en un contexto geodinámico de límite entre dos placas:

Norteamericana y del Caribe. Actualmente existe consenso en el reconocimiento de las principales estructuras tectónicas de la isla y su relación con el desplazamiento relativo entre las placas litosféricas citadas. No obstante, aunque 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 en 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 (China). Por lo que respecta al registro instrumental, también tiene graves inconvenientes, pues la Red Sísmica de la República Dominicana fue establecida durante los trabajos del Programa SYSMIN (Prointec, 1999) y su registro es, por tanto, manifiestamente incompleto.

Por ello, los catálogos existentes más antiguos provienen, en su mayor parte, de agencias situadas fuera del territorio dominicano, por lo que sólo se han detectado los eventos con magnitudes lo suficientemente grandes como para ser registradas por redes alejadas. La red sísmica de Puerto Rico ofrece una buena cobertura del territorio dominicano en cuanto a superficie, pero no así en cuanto a tiempo, ya que su registro se restringe al periodo posterior a 1985.

Para la elaboración del presente trabajo se ha accedido a las bases de datos de la Red Sísmica Nacional Dominicana (RSND), el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), la Red Sísmica de Puerto Rico (PRSN) y el Middle American Seismograph Consortium (MIDAS), además de las incluidas en el citado proyecto SYSMIN. El periodo cubierto ha sido 1505-2010.

La Hoja de Ázua pone de manifiesto la necesidad de abordar los estudios sísmicos en relación con áreas más extensas, ya que en la Hoja la distribución de epicentros no evidencia el seguimiento de un patrón claro. Los seísmos registrados en la Hoja son de profundidad intermedia (25-58 km) y la magnitud del mayor evento catalogado durante el periodo instrumental alcanzó un valor de 4,9 (1998). En cualquier caso, cabe destacar que la zona se encuentra dentro del área afectada por algunos de los terremotos históricos más notables de La Española (Fig. 6.1), concretamente los desencadenados en los años 1684, 1691, 1751 y 1761 (Fig. 6.2), el penúltimo de los

cuales destruyó la antigua ciudad de Ázua por invasión del mar, siendo reconstruida en su posición actual, más alejada de la costa.

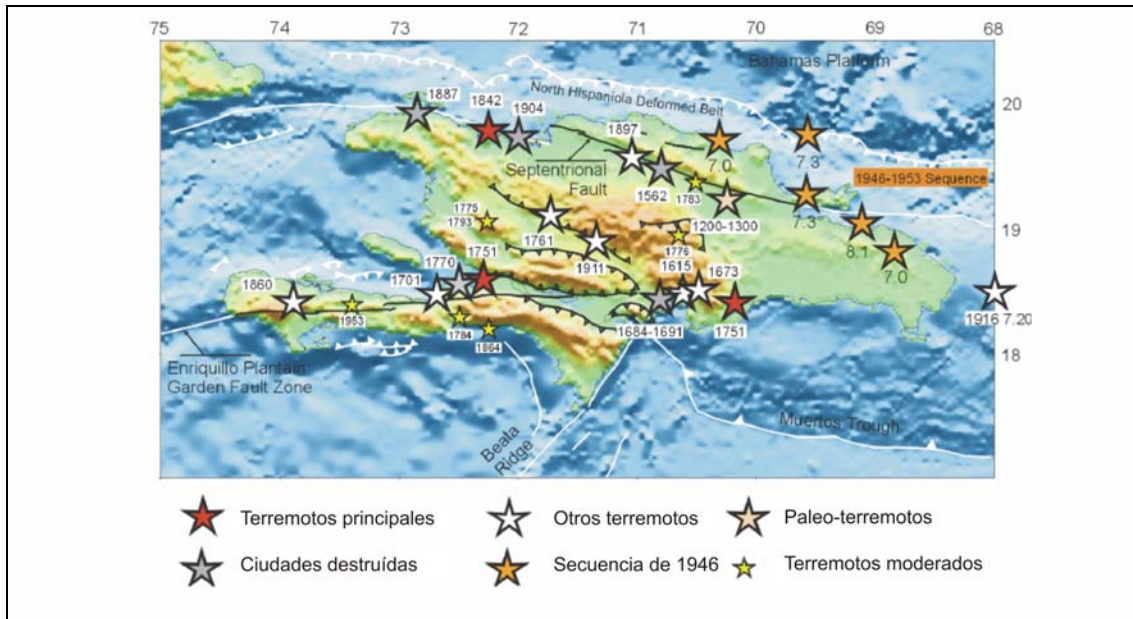


Fig. 6.1. Sismicidad histórica en La Española anterior a 1960 (Calais, 2008)

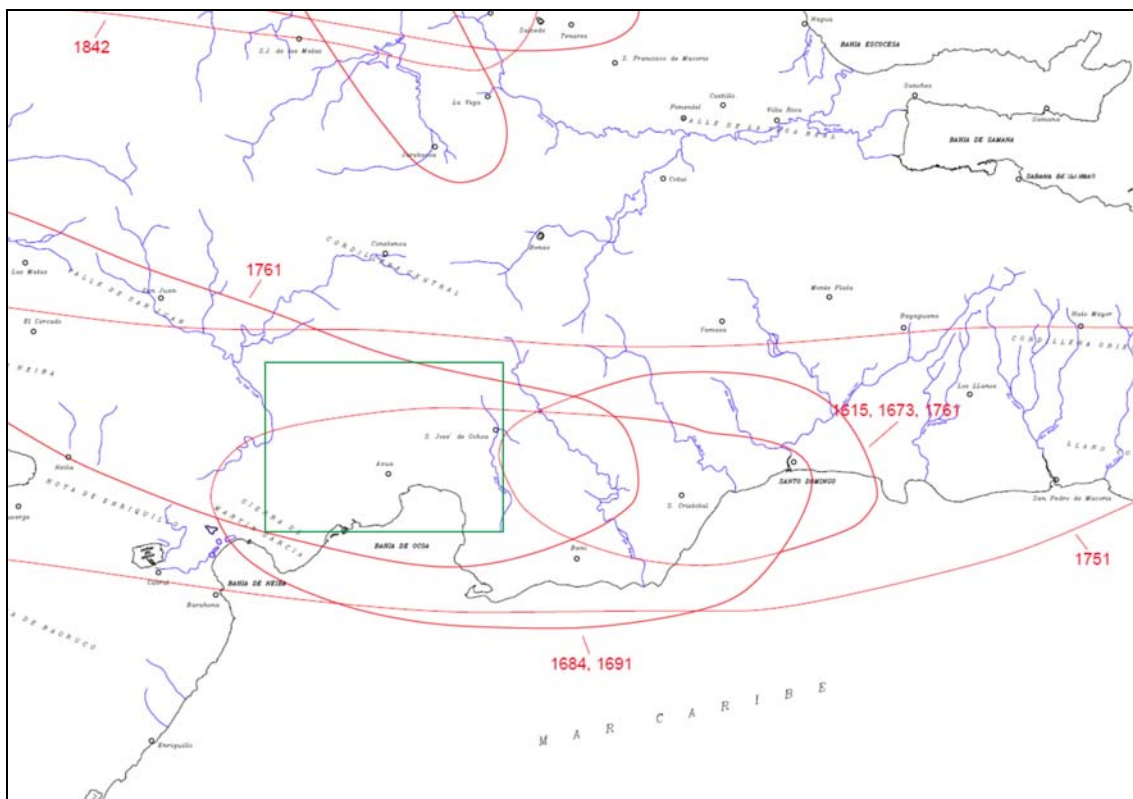


Fig. 6.2. Zonas seriamente afectadas por los principales seísmos históricos de La Española (Prointec, 1999)

6.1.1. Tsunamis

Los *tsunamis* son olas de grandes dimensiones u olas sísmicas marinas, causadas por un movimiento 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 de que pueden causar daños serios a miles de kilómetros de las fallas detonantes. Una vez generados son prácticamente imperceptibles en el mar abierto, donde la altura de su superficie es inferior a un metro. Viajan a velocidades muy grandes, de hasta 900 km/h, y la distancia entre dos crestas de ola consecutivas puede alcanzar 500 km. A medida que las olas se acercan a aguas poco profundas, la velocidad del tsunami disminuye y su energía se transforma en un aumento de la altura de la ola, que a veces supera 25 m; el intervalo de tiempo entre olas sucesivas permanece sin cambios, siendo generalmente de 20 a 40 minutos. Cuando los tsunamis se aproximan a la línea de costa, el mar suele retraerse a niveles inferiores a los de la marea baja, creciendo luego como una ola gigante.

Los efectos de los tsunamis pueden ser condicionados por la configuración de la línea de costa local y del fondo marino. Ya que no existe una metodología precisa para definir estos efectos, es importante el examen del 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 mayor que la de la cresta de la ola en la línea de costa.

Las costas haitianas y dominicanas han sido afectadas por tsunamis en diversas ocasiones, por lo que la franja litoral de la Llanura de Ázua, considerando como tal una anchura de 1-2 km, debe considerarse susceptible de sufrir este tipo de fenómenos, excepto en las lomas Vieja y de la Vigía y en los cerros Fermina y El Peñón. Obviamente, la vulnerabilidad de esta franja disminuye con la altitud y la distancia a la costa.

6.2. Tectónica activa

En una región donde la actividad tectónica es evidente, como denuncia el registro sísmico, con una acusada tendencia ascendente indicada por las marismas

abandonadas hacia el interior o los sistemas de abanicos aluviales encajados al norte de Las Charcas y Estebanía, por ejemplo, se reconocen diversos rasgos indicativos de este tipo de actividad. En su mayor parte se relacionan con la actividad de fallas, si bien resulta especialmente espectacular la actividad reciente observada en el sector oriental de la bahía de Ocoa relacionada con la indentación de la cresta oceánica de Beata.

Por lo que respecta a las *fallas*, con frecuencia son *supuestas* al estar ocultas por depósitos cuaternarios, y en algunos casos presentan *escarpes degradados*. Las más destacadas son las del río Banilejo y el arroyo Viajama, con la orientación NO-SE típica de la Cordillera Central, además de la del río Ocoa (N-S), el cerro de los Cacheos (ENE-OSO), y la loma de la Vigía y Hatillo (NE-SO), las tres últimas influidas por la cresta de Beata, que impone en el ámbito de la bahía una *dirección de esfuerzo principal* NNE-SSO.

Las fallas anteriores tienen efectos en diversos rasgos morfológicos, como una pequeña *deformación en la línea de costa* provocada por la falla de Hatillo, aunque son mucho más abundantes los rasgos relacionados con la red de drenaje, como son las *pendientes anómalas por exceso*, las *inflexiones bruscas* y los *encajamientos anómalos*, todos ellos mucho más numerosos en el ámbito de la Cordillera Central. En cuanto a las *capturas*, aunque en algunos casos están relacionadas con la actividad tectónica, como en el caso de los drenajes que abandonaron la cuenca del río Ocoa debido a la distorsión producida por la indentación de la cresta de Beata (Díaz de Neira, 2002), en el caso de la captura más destacada, la del río Yaque del Sur, probablemente esté relacionada con procesos sedimentarios, como se ha señalado anteriormente.

6.3. Actividad volcánica

Pese a que los episodios más recientes del magmatismo de la provincia volcánica de Yayas de Viajama-Constanza han sido establecidos en 300.000 años (OLADE, 1980), el estado de conservación de algunas formas volcánicas, especialmente en las proximidades de Constanza, sugiere su génesis en fechas mucho más recientes, lo que ha aconsejado su consideración como un proceso activo, pese a que no se han encontrado datos concluyentes que lo corroboren.

En este sentido, se han señalado en la cartografía los tres *centros de emisión* que poseen un mejor grado de conservación, para llamar la atención de esta circunstancia, sin que signifique que en caso de reactivarse el volcanismo en la zona tenga que ser en esos centros, dado el carácter difícilmente predecible y precisable de este tipo de procesos.

6.4. Actividad asociada a movimientos de laderas

La actividad de carácter gravitacional adquiere su máximo desarrollo en la Cordillera Central, donde se ha reconocido un buen número de *cicatrices de despegue*, *deslizamientos* y *coluviones*. Probablemente debido a la conservación efímera de este tipo de formas, como consecuencia del retroceso de las vertientes y de su enmascaramiento por la vegetación, este tipo de actividad sea notable también en las sierras de Neiba y Martín García, pese a no haberse diferenciado cartográficamente; en este sentido, también se han observado caídas de bloques en las áreas más escarpadas, tanto de las zonas montañosas como en los acantilados, pero sus dimensiones no han aconsejado su representación.

6.5. Actividad asociada a procesos de erosión

Pese al enérgico relieve de las áreas montañosas, sometidas por ello a constantes procesos denudacionales, las *áreas sometidas a una intensa erosión* de mayor relevancia, se encuentran relacionadas con los afloramientos, detríticos de las Fms. Arroyo Blanco y Arroyo Seco, en los que son frecuentes las *cárcavas*. No obstante, este tipo de formas erosivas también son frecuentes a favor de los afloramientos margosos de las Fms. El Número y Ocoa.

La principal manifestación de los procesos erosivos viene dada por la *incisión lineal* ligada a la actividad de la red de drenaje, siendo muy destacada la *erosión lateral del cauce* en los ríos principales, fenómeno que favorece las modificaciones de su curso principal.

En relación con la dinámica litoral de carácter erosivo, se restringe a los *acantilados* esculpidos en la loma de la Vigía.

6.6. Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación

Es la actividad que se produce por 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, el desarrollo lacustre-endorreico, la dinámica litoral y, en general, con cualquier tipo de proceso generador de flujos acuosos o aportes sedimentarios susceptibles de acumularse en áreas deprimidas.

Los procesos de inundación y sedimentación actúan de forma prácticamente permanente sobre los *fondos de valle* de los ríos y arroyos principales, y de modo más irregular sobre los numerosos *fondos de cañada torrencial* de la zona, así como en los *mantos de arroyada*. En el caso de las *llanuras de inundación* y las *barras* asociadas a ellas del río Yaque del Sur y el arroyo Tábara, así como en el *meandro abandonado* del primero, las inundaciones se producen de forma más esporádica, pero afectando a áreas de mayor amplitud. Los *conos de deyección* y los *abanicos* aluviales poseen una funcionalidad menos predecible, lo que dificulta su tratamiento, pudiendo dar lugar a violentos depósitos de masas aluviales con una participación acuosa variable; en algunos casos, sus ápices coinciden con fallas activas, lo que implica que su actividad puede relacionarse con procesos climáticos y tectónicos. 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 debido a la densa red de incisión que se ha desarrollado sobre ella.

Dentro del capítulo de inundaciones, merecen especial atención las avenidas (Foto 6.1), que suponen el riesgo natural más común del planeta y que tan trágicas consecuencias han tenido en fechas recientes en territorio dominicano. En concreto, la envergadura que pueden adquirir las *áreas inundables* en respuesta al paso de tormentas tropicales y, especialmente, huracanes, se puso de manifiesto durante el paso del huracán Georges en septiembre de 1998, cuando quedaron destruidos casi todos los puentes de la zona y anegados todos los valles de la Llanura de Ázua, siendo cubiertas por flujos de lodo las superficies de los *abanicos* modernos.



Foto 6.1. Pequeño flujo de agua y lodo tras una tormenta, junto a la playa de Monte Río

Generalmente, la formación de avenidas se produce como respuesta del sistema fluvial a un aporte cuantioso de agua desde fuera del sistema, ante lo cual la cuenca actúa adaptándose a las condiciones energéticas del momento, mediante procesos de erosión, transporte o sedimentación. En particular, las lluvias convectivas, de corta duración pero intensidades muy importantes, provocan avenidas súbitas, concentrando un gran caudal punta en un corto espacio de tiempo, dando un margen de reacción muy breve a la población; en la zona en cuestión, con frecuencia se trata de cuencas de circulación efímera donde la percepción del riesgo puede estar muy distorsionada por el hecho de que los cauces están secos habitualmente (Camarasa, 2002).

En este tipo de fenómenos, las puntas de crecida superan la capacidad de evacuación de los cauces, produciendo desbordamientos hacia los espacios adyacentes; también puede ocurrir que, debido a la gran potencia erosiva de las aguas, produzcan rupturas transversales en los márgenes de los canales y se derramen por las llanuras laterales. Aunque los espacios inundables por excelencia son las llanuras de inundación, el desbordamiento de la capacidad del lecho menor puede dar lugar a ocasionales anegamientos incluso de las terrazas bajas. Por lo que respecta a las zonas inundables de un abanico o cono de deyección, están relacionadas con su geometría

actual, con la tendencia a la progradación o disección y con las fases pretéritas de su evolución. Así, en abanicos progradantes con pequeños encajamientos, el desbordamiento puede ser masivo, afectando, sobre todo, a las vaguadas laterales y a los sectores más distales. Por el contrario, en abanicos con tendencia erosiva, los canales están bien marcados, pero el exceso de caudal puede abrir nuevas vías o utilizar los paleocanales; en algunos casos, los canales previos se encuentran tan incididos que canalizan la práctica totalidad del flujo, cuya carga es depositada en la zona distal.

Asociadas con la dinámica litoral actual se encuentran las *marismas bajas y altas*, además de las *playas* y los *cordones litorales*. En relación con procesos de inundación en la franja costera, no deben olvidarse los potenciales efectos que podría ocasionar la ocurrencia de un tsunami ni los más frecuentes debidos a la llegada de tormentas tropicales y huracanes, que en función de la topografía pueden adentrarse hasta varios kilómetros hacia el interior.

Evidentemente, las *lagunas* y las *áreas pantanosas y endorreicas* que salpican la zona, sufren procesos de inundación y sedimentación, bien de forma estacional o permanente.

También son susceptibles de aparecer como áreas inundadas las depresiones de origen kárstico de las lomas de la Vigía y Vieja, en el caso de lluvias extraordinarias en las que la precipitación supere la capacidad de infiltración.

6.7. Actividad asociada a litologías especiales

Su expresión se produce en relación con los afloramientos calcáreos de la Fm Sombrerito, en los que se observa un *lapiaz desnudo*, así como *depresiones por disolución* correspondientes a dolinas y uvalas. De forma genérica, en función de la intensidad de los procesos kársticos, además de los procesos de disolución es preciso tener en cuenta los potenciales procesos de colapso que podrían generarse como consecuencia del desarrollo del endokarst, originando en su caso dolinas en superficie.

6.8. 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. Tan sólo se han diferenciado las *salinas* emplazadas junto a Puerto Viejo, que suponen una visible modificación de la fisonomía de la zona.

7. BIBLIOGRAFÍA

- CALAIS, E. (2008).** Risque Sismique en Haïti: Fondements Scientifiques et Nature du Risque. Conferencia de Puerto Príncipe.
- CAMARASA BELMONTE, A.M. (2002).** Crecidas e inundaciones. En: AYALACARCEDO, F.J., OLCINA, J. (coordinadores). Riesgos naturales. Ariel, Barcelona, 859-877.
- 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 pp.
- DEL OLMO, A. (2000).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 6071-III (Pueblo Viejo) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto C. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo
- DÍAZ DE NEIRA, J.A. (2000).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 6071-II (Ázua) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto C. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- DÍAZ DE NEIRA, J.A. (2002).** Evolución geomorfológica del Llano de Ázua. Acta Geologica Hispanica, 37, 2-3, 207-227.
- DÍAZ DE NEIRA, J.A. (2004).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 5971-I (Villarando) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- DOLAN, J.F. (1988).** Paleogene sedimentary basin development in the eastern Greater Antilles; Three studies in active-margin sedimentology. Tesis Doctoral. Universidad de California, Santa Cruz, 235 pp.
- DOLAN, J.F., MANN, P., DE ZOETEN, R., HEUBECK, C., SHIROMA, J., MONECHI, S. (1991).** Sedimentologic, stratigraphic, and tectonic synthesis of Eocene-Miocene sedimentary basins, Hispaniola and Puerto Rico. En: MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F. (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 217-264.

- ELECTROCONSULT (1983).** Estudio de pre-factibilidad del área geotérmica Yayas-Constanza. República Dominicana. Santo Domingo, Dirección General de Minería, 23 pp. (Inédito).
- ESCUER, J. (2004).** Mapa Geomorfológico de la Hoja a E. 1:100.000 n° 5971 (Neiba) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- GARCIA, E., HARMS, F. (1988).** Informe del Mapa Geológico de la República Dominicana escala 1:100.000 San Juan (4972). Santo Domingo, 97 pp.
- GÓMEZ, J.A. (2000).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 6071-IV (Yayas de Viajama) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto C. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo
- GUERRA PEÑA, F. (1966).** Las Regiones Fisiográficas de la Isla de Santo Domingo. Unión Geográfica Internacional. Conferencia Regional Latinoamericana, III.
- HERNAIZ, P.P. (2000).** Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 6071-I (San José de Ocoa) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto C. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo
- HEUBECK, C. (1988).** Geology of the southeastern termination of the Cordillera Central, Dominican Republic. Tesis Doctoral. Universidad de Texas, Austin, 333 pp.
- IGME (2004).** Mapa Geomorfológico y de Procesos activos susceptibles de constituir Riesgo geológico a escala 1:100.000. Guía para su elaboración. (Inédito).
- LEWIS, J.F. (1980).** Resume of the geology of Hispaniola. En: Guía de Campo de la 9ª Conferencia Geológica del Caribe, Santo Domingo, República Dominicana, Ed. Amigo del Hogar, 5-31.
- LEWIS, J.F., DRAPER, G. (1990).** Geology and tectonic evolution of the northern Caribbean margin. En: DENGO, G., CASE, J.E. (eds.). The Geology of North America, Volume H, The Caribbean region. Geological Society of America, Colorado, 77-140.
- MANN, P., DRAPER, G. LEWIS, J.F. (1991a).** An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola. En: MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F.

(eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262, 1-28.

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

MANN, P., TAYLOR, F.W., BURKE, K., KULSTAD, R. (1984). Subaerially exposed Holocene coral reef; Enriquillo Valley, Dominican Republic. Geological Society of America Bulletin, 95, 1.084-1.092.

OBIOLS, A., PERDOMO, R. (1966). Atlas de información básica existente y lineamientos para la planificación del Desarrollo integral de la RD. Guatemala.

OLADE (1980). Proyecto de investigación geotérmica de la República Dominicana; estudio de reconocimiento-informe geoquímico. En: Bureau de Recherches Geologiques et Miniers (BRGM) y Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Orleans, Quito, 24 pp.

PROINTEC (1999). Prevención de Riesgos geológicos (Riesgo sísmico). Programa SYSMIN, Proyecto D. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

RAMÍREZ, M.I. (1995). Neotectonic Structures and Paleostress in the Azua region. South-Central Hispaniola. Tesis Doctoral. Universidad de Miami, Florida, 144 pp. (Inédito).

RUIZ, M.T., SOLÉ, J. (2000). Mapa Geomorfológico y de orientación a Riesgos Geológicos de la Hoja a E. 1:100.000 nº 6071 (Ázua) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto C. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.

TAYLOR, F.W., MANN, P., VALASTRO, S., BURKE, K. (1985). Stratigraphy and radiocarbon chronology of a subaerially exposed Holocene coral reef, Dominican Republic. Journal of Geology, 93, 311-332.

VAUGHAN, T.W., COOKE, W., CONDIT, D.D., ROSS, C.P., WOODRING, W.P., CALKINS, F.C. (1921). A Geological Reconaissance of the Dominican Republic. En: Editora de Santo Domingo. Colección de Cultura Dominicana de la Sociedad Dominicana de Bibliófilos, Santo Domingo, 18 (1983), 268 pp.

VESPUCCI, P. (1982). Preliminary account of the petrology of the late cenozoic volcanic province of Hispaniola. 9ª Conferencia Geológica del Caribe. Santo Domingo, 1, 379-389.

VESPUCCI, P. (1986). Petrology and geochemistry of the Late Cenozoic volcanic rocks of the Dominican Republic. Tesis Doctoral. Universidad George Washington, Washington D.C., 223 pp.