



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

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

ESCALA 1:100.000

**MONTE CRISTI
(5875)**

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

La presente Hoja y Memoria forma parte del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, Proyecto L, financiado, en consideración de donación, por la Unión Europea a través del programa SYSMIN de desarrollo geológico-minero (Proyecto nº 7 ACP DO 024 DO 9999). Ha sido realizada en el periodo 2002-2004 por Informes y Proyectos S.A. (INYPSA), formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA con normas, dirección y supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN), habiendo participado los siguientes técnicos y especialistas:

CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

- Lic. Juan Escuer Solé (INYPSA)

CARTOGRAFÍA DE PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

- Lic. Juan Escuer Solé (INYPSA)

REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Lic. Juan Escuer Solé (INYPSA)

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

- Dr. Ángel Martín-Serrano (IGME)

TELEDETECCIÓN

- Dra. Carmen Antón Pacheco (IGME)

DIRECTOR DEL PROYECTO

- Ing. Eusebio Lopera (IGME)

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DE LA UNIÓN EUROPEA

- Unidad Técnica de Gestión del proyecto SYSMIN

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

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

SUPERVISIÓN TÉCNICA POR PARTE DEL SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

- Ing. Juan José Rodríguez
- Ing. Santiago Muñoz

- Ing. María Calzadilla
- Ing. Jesús Rodríguez

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

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Metodología	1
1.2	Situación geográfica.....	3
1.3	Marco geológico.....	4
1.4	Antecedentes	7
2.	DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA.....	9
3.	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	11
3.1	Estudio morfoestructural	11
3.1.1	Formas estructurales	11
3.2	Estudio del modelado.....	12
3.2.1	Formas gravitacionales.....	13
3.2.2	Formas fluviales y de escorrentía superficial	13
3.2.3	Formas lacustres y endorreicas	15
3.2.4	Formas poligénicas.....	15
3.2.5	Formas marinas-litorales	16
3.2.6	Formas antrópicas	17
4.	FORMACIONES SUPERFICIALES.....	18
4.1	Formaciones gravitacionales.....	18
4.1.1	Cantos, arenas y lutitas. Coluviones (b). Holoceno.....	18
4.2	Formaciones fluviales y de escorrentía superficial	18
4.2.1	Lutitas, arenas y gravas. Abanicos aluviales(f). Holoceno	18
4.2.2	Arenas y limos. Llanuras de inundación y rellenos de meandro (g). Holoceno	19
4.2.3	Gravas, arenas y limos. Fondos de valle y terrazas bajas (e). Holoceno	19
4.3	Formaciones marinas-litorales	19
4.3.1	Limos y arenas salobres. Marismas altas (b).....	19
4.3.2	Limos y arenas. Marismas bajas (c).....	20
4.3.3	Arenas. Cordones litorales (v). Holoceno.....	20
4.4	Formaciones antrópicas	21
4.4.1	Sales. Salinas. Holoceno	21
5.	EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA.....	22
6.	PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO.....	24
6.1	Actividad sísmica	24
6.1.1	Tsunamis.....	26
6.2	Actividad neotectónica	27

6.3	Actividad asociada a procesos de erosión	28
6.4	Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación.....	28
6.5	Actividad antrópica.....	30
7.	REFERENCIAS CITADAS.....	31

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 del Servicio Geológico Nacional (SGN), se decidió a abordar, a partir de finales de la década pasada, el levantamiento geológico y minero del país mediante el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, incluido en el Programa SYSMIN y financiado por la Unión Europea. En 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, bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG) y la supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN), del denominado Proyecto K, cuyo desarrollo se ha producido simultáneamente con el del Proyecto L, adjudicado al mismo consorcio.

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

- Restauración 5873 (Restauración 5873-1, Bánica 5873-II)
- Dajabón 5874 (Dajabón 5874-1, Loma de Cabrera 5874-II)
- Montecristi 5875 (Montecristi 5875-1, Pepillo Salcedo 5875-II)
- Diferencia 5973 (Diferencia 5973-1, Lamedero 5973-II, Arroyo Limón 5973-3, Jicomé 5973-IV)
- Mao 5974 (Mao 5974-1, Monción 5974-II, Santiago Rodríguez 5974-3, Martín García 5974-IV,))

Ya que cada Hoja forma parte de un contexto geológico más amplio, la ejecución de cada una de ellas se ha enriquecido mediante la información aportada por las de su

entorno; por ello, a lo largo de la presente Memoria son frecuentes las alusiones a otras Hojas.

Durante la realización de la Hoja geomorfológica a escala 1:100.000 de Montecristi se ha utilizado la cartografía geológica a escala 1:50.000 elaborada durante el presente proyecto, además de la información disponible de diversa procedencia y las fotografías aéreas a escala 1:40.000 del Proyecto MARENA (1983-84), las del Proyecto ICM, a escala 1:60.000 (1958) y las imágenes de satélite Spot P, Landsat TM y SAR. La cartografía previa ha sido complementada con 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 del Proyecto a la Guía para la elaboración del Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50.000 (IGME, 2003), 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, en referencia a los Mapas Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico del cuadrante de Montecristi (5875). Tras la presente introducción, en la que se abordan brevemente la metodología seguida, la ubicación de la Hoja en los contextos regionales geográfico y geológico, y los antecedentes más relevantes, se detallan los siguientes aspectos:

Descripción geográfica, en la que se señalan los rasgos físicos más destacables, como los accidentes geográficos (sierras, ríos, llanuras...), los parámetros climáticos generales y los principales rasgos socioeconómicos.

Análisis morfológico, en el que se trata el relieve 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 y 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 atestiguados por diversas formas de la superficie terrestre.

Por otra parte, las memorias de las Hojas Geológicas a escala 1:50.000 citadas, incluyen la mayor parte de la información contenida en el presente texto, distribuida entre sus capítulos correspondientes a Introducción (Descripción fisiográfica), Estratigrafía (Formaciones superficiales) y Geomorfología (Análisis morfológico y Evolución e historia geomorfológica).

1.2 Situación geográfica

La Hoja a escala 1:100.000 de Montecristi (5875) se encuentra situada en la esquina noroccidental de la República Dominicana (Fig.1). La totalidad de la Hoja, incluyendo la ciudad de Montecristi, pertenece a la Provincia del mismo nombre. La población se concentra principalmente alrededor de las ciudades de Montecristi (14.200 habitantes) Pepillo Salcedo (3000 habitantes) Castañuelas (4000 habitantes, en el borde sureste de la hoja, a caballo con la vecina de Villa Vázquez) y Las Matas de Santa Cruz (7500 habitantes). Otros núcleos de población dentro de la hoja son Isabel de Torre, Jaiquí y los que se encuentran diseminados a lo largo de la carretera Santiago-Montecristi, destacando El Vijiador y El Duro

Las carreteras asfaltadas dentro de la hoja son la carretera Santiago-Montecristi, la carretera Montecristi-Dajabón, la de Copey a Pepillo Salcedo, la de Copey a Las Matas de Santa Cruz, y la de El Vijiador a Castañuelas. Otras vías de comunicación dentro de la hoja son la pista que va de Montecristi a la playa de Petí Salina (o playa Popa) pasando por la población de Isabel de Torre, y la que parte de esta última población hacia la carretera Santiago-Montecristi pasando por la población de Jaiquí.

Las principales actividades económicas de la zona son la explotación de las salinas en los alrededores de Montecristi, la agricultura, la pesca, la ganadería, la apicultura y el turismo y negocios relacionados. Este último, aún lejos de la masificación, es claramente susceptible de futuro desarrollo, especialmente si es orientado a un ecoturismo de calidad, que tiene su principal factor de atracción en el Parque Nacional de Montecristi, pendiente de la definición de sus límites. La actividad agrícola y ganadera está centrada en la fértil vega que constituye la llanura de inundación del río Yaque. Sus principales producciones son el arroz y los guineos, así como el ganado vacuno y caprino. La actividad pesquera y portuaria está centralizada en la ciudad de Pepillo Salcedo. La mitad Norte de la bahía de Manzanillo cuenta con una importante actividad salinera.

La red fluvial de la práctica totalidad de la hoja pertenece a la cuenca del Yaque, si bien en su extremo SO tiene lugar la desembocadura del río Masacre, haciendo de frontera con la República de Haití.

1.3 Marco geológico

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

El carácter oceánico de la isla, asentada desde el Jurásico hasta el Paleoceno sobre una zona muy activa de la corteza oceánica, sometida a procesos de subducción.

La posición de la isla en un área de clima tropical, responsable por una parte de la alta productividad biológica de las aguas circundantes, posibilitando la formación de plataformas someras dominadas por calizas arrecifales; y por otra de las altas tasas de meteorización.

La intensa actividad tectónica, principalmente de desgarre transpresivo, que ha afectado a isla desde su formación, dando lugar a una elevada tasa de denudación y a la formación de cuencas profundas y compartimentadas, donde se han acumulado potentes series sedimentarias.

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

De Norte a Sur, los dominios tectosedimentarios representados dentro del área del Proyecto K son los siguientes:

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

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

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

- El dominio de Tavera tiene su área de afloramiento limitada a la Zona de Falla de La Española, y esta compuesto por una serie compleja, al menos en parte sintectónica, y con espesor de difícil evaluación que incluye materiales volcánicos y vulcanosedimentarios, brechas de talud, turbiditas, calizas de plataforma y conglomerados fluviales, todo ello con un rango de edades comprendido entre el Eoceno Inferior y el Oligoceno Inferior.

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

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

- El dominio de la Cuenca de San Juan ocupa la esquina Suroeste del área del proyecto K. Los materiales representados, en parte sintectónicos, abarcan un rango de

edades desde el Oligoceno superior al Plio-Pleistoceno. Constituyen en conjunto una serie de relleno de cuenca pasándose de facies turbidíticas gradualmente hasta depósitos fluviales.

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

Dentro de la presente hoja los materiales representados corresponden al dominio de la Cordillera Septentrional.

1.4 Antecedentes

Al igual que en resto del territorio dominicano, son escasas las referencias de índole geomorfológica que afectan a la Hoja de Montecristi, correspondiendo en la mayor parte de los casos a aspectos contenidos dentro de estudios geográficos o geológicos, o bien a trabajos de carácter muy específico. En cualquier caso, la nitidez y personalidad de los grandes dominios fisiográficos hacen que exista unanimidad prácticamente total a la hora de su delimitación y denominación.

Entre los trabajos pioneros destaca el reconocimiento geológico de la República Dominicana de Vaughan et al. (1922), punto de partida para numerosos estudios posteriores. 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 la cual, Guerra Peña realizó una división en provincias fisiográficas.

Vaughan et al 1921 publicaron el primer mapa geológico que incluía la región de Montecristi, cartografiando los afloramientos de esta hoja como pertenecientes al Neógeno del Valle del Cibao. Dohm, en 1943 realizó un mapa geológico a escala 1:100.000 en que utilizó las unidades de Vaughan (1921). Zoeten, Mann et al. (1991) publicaron un mapa de síntesis a escala 1:150.000 de la parte Norte de la República Dominicana, en el que la totalidad de los afloramientos de la hoja de Montecristi fueron atribuidos al Cuaternario y la Formación Las Lavas. En el mismo año se publicó el

mapa de síntesis de la isla a escala 1:250.000 de Eberle y Mollat. Estos autores, dentro de la hoja de Montecristi, además de materiales cuaternarios, cartografiaron cuatro unidades que de más antigua a más moderna serían: una unidad de areniscas, marga, argilita y conglomerado en facies "flisch", a la que atribuyen una edad Eoceno inferior a Oligoceno "medio"; unas andesitas del Oligoceno "medio"; una unidad de margas con intercalaciones de calcarenita, a la que atribuyen una edad Mioceno Inferior a Plioceno; y una unidad de depósitos deltaicos a los que atribuyen una edad Mioceno Superior a Plioceno.

Mann et al. (1998) realizaron un estudio tectónico-geomorfológico de la Falla de Montecristi con varios perfiles, ninguno de los cuales entra dentro de la presente hoja.

Sin duda, el trabajo de mayor interés desde un punto de vista geomorfológico es el libro *Geografía Dominicana* (De la Fuente, 1976), que además de aportar una abundante cantidad de datos geográficos e ilustraciones, apunta numerosas consideraciones de orden geomorfológico; sus denominaciones han servido como referencia durante la realización del presente trabajo.

Entre los trabajos más recientes es preciso señalar los elaborados dentro del Proyecto SYSMIN.

2. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La Hoja 1:100.000 de Monte Cristi (5875) se sitúa en la esquina noroccidental de la República Dominicana y es fronteriza en su extremo SW con la República de Haití; limita al sur con los piedemontes de la Cordillera Central, y al oeste con las estribaciones noroccidentales de la Cordillera septentrional, que quedan incluidas en la hoja.

La topografía de la hoja es extremadamente llana, sin que alcance alturas significativas. Los tres cuartos suroccidentales de la hoja se hallan prácticamente por debajo de 20 msnm, hasta 0 en la costa; y únicamente en el área septentrional de la hoja se elevan algunos relieves de escasa entidad pertenecientes a las postrimerías de la Cordillera Septentrional, como la cresta de El Muerto, con 305 m, Loma de los Magueyes (204 m), el Cerro de los Cayucos (154 m), Loma de Isabel de la Torre (157 m) y el Cerro de Guaraguao (137 m) además de la singular Loma del Morro (237 m).

El centro y sur de la hoja están formados por una extensa llanura que desciende suavemente hacia el noroeste, hacia los manglares de las Bahías de Icaquitos al norte, Monte Cristi al noroeste y de Manzanillo al oeste. La Bahía de Icaquitos queda separada de la Bahía de Monte Cristi por la Loma del Morro. La península de Manzanillo, constituida por una extensa flecha de arena, separa las bahías de Monte Cristi y de Manzanillo terminándose en Punta los Cangrejos.

La red de drenaje local es subsidiaria del Río Yaque del Norte al que afluyen el Chacuey y el Maguaca cerca del extremo sur, y que atraviesa la hoja de sureste a noroeste para desembocar en la bahía de Monte Cristi, describiendo multitud de meandros bien marcados para atravesar la llanura que constituye el centro de la hoja. Además, en la esquina suroccidental de la hoja se halla la desembocadura en la Bahía de Manzanillo del Río Masacre, en el paraje de Pepillo Salcedo, y que fluyendo desde el sur constituye la frontera con Haití.

La red hidrográfica de la zona central de la hoja resulta difusa, y compuesta por multitud de arroyos y caños de escasa entidad que discurren surcando la planicie.

El clima dominante es tropical, condicionado a la vez por la escasa elevación sobre el nivel del mar, que es en el país un factor determinante debido a su relieve generalizadamente montañoso, y marcado por dos estaciones bien definidas y condicionadas por los vientos alisios y las corrientes marinas: la lluviosa o ciclónica (de abril a junio) y la seca. Las precipitaciones medias crecen de norte a sur de la hoja, de 700 a 1800 mm/año, y la temperatura anual media se halla en torno a los 26°C, con escasas oscilaciones que rara vez la sitúan por debajo de los 24°C.

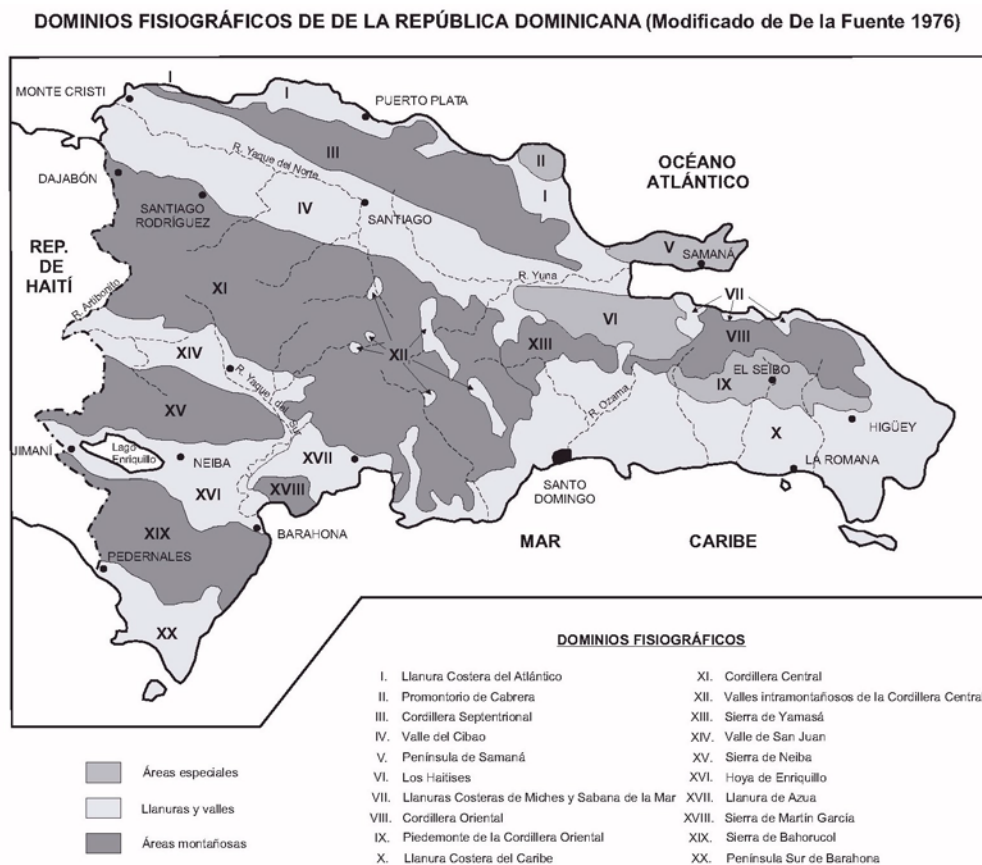


Fig. 1

Figura 1. Dominios geomorfológicos de la República Dominicana

3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

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

3.1 Estudio morfoestructural

El relieve de la hoja está condicionado por las estribaciones más occidentales de la Cordillera Septentrional y, en gran medida, por los procesos de acumulación de sedimentos en la llanura aluvial del río Yaque del Norte en el Valle Occidental del Cibao y el retrabajamiento de éstos por la acción morfogenética del mar en el litoral. Por tanto, se considera que en la hoja aparecen las siguientes unidades morfoestructurales de rango mayor: la Cordillera Septentrional y el Valle del Cibao. Este último se subdivide en dos unidades: el Cibao Oriental o Valle de la Vega Real al Oeste y el Cibao Occidental o Valle de Santiago, también llamado Valle del Yaque del Norte, al Este. La Hoja de Monte Cristi incluye terrenos pertenecientes a este último. Dentro del Valle de Santiago pueden identificarse dos subunidades; a saber: la llanura aluvial del río Yaque del Norte y la orla litoral de Monte Cristi-Pepillo Salcedo. Estas unidades se describen a continuación por su relación con las unidades tectónicas y posición geográfica en la hoja.

La Cordillera Septentrional presenta la zona de relieve más abrupto de la Hoja. Esta cordillera muestra de forma fehaciente la existencia de fallas lineales que aíslan esta unidad de su vecina, el Valle del Cibao, representada en la Hoja por la Llanura aluvial del río Yaque del Norte. Esta llanura se caracteriza por presentar un cinturón de meandros bien desarrollado que recubre los sedimentos acumulados en el Valle del Cibao, unidad morfoestructural que incluye el trazado del propio Yaque. Por último puede diferenciarse la orla litoral de Monte Cristi-Pepillo Salcedo que posee su propia idiosincrasia debido a la influencia oceánica.

3.1.1 Formas estructurales

La influencia tectónica en el origen y configuración del relieve queda reflejada en las denominadas formas estructurales. La alternancia de capas de roca con diferente respuesta al ataque de los agentes externos propicia la erosión diferencial, reflejando

en la morfología caracteres geológicos estructurales. Es por tanto la estructura geológica la que controla el relieve. Los agentes externos sólo descubren y modelan sobre un patrón preestablecido.

Las formas estructurales, si bien son minoritarias en la Hoja de Monte Cristi, gozan de una importancia morfogenética notable. Se trata de fallas con expresión morfológica clara que aparecen en la Cordillera Septentrional. De dirección ESE-WNW, compartimentan bloques claramente. En el labio hundido de las fallas es frecuente encontrar asociadas formas de acumulación de sedimentos recientes, como abanicos aluviales, glaciares de acumulación y coluviones, mientras que el bloque elevado es topográficamente muy visible y no presenta formaciones superficiales. Tal es el caso de la fractura que discurre al sur de la alineación topográfica de la Loma El Convento-Loma El Guazabaro-paraje El Muerto, en el norte de la Hoja, así como la que se sitúa al sur del Cerro del Guaragao. Estas fracturas pertenecerían a la rama norte del sistema de falla que compartimenta la Cordillera Septentrional de la isla Española en el sentido de MANN et al (1998) - Mountain front fault zone- y muestran características geomorfológicas típicas de fallas con actividad reciente, como desplazamientos o saltos de los cursos fluviales y ejes de drenaje que cruzan la fractura (offsets). Los prominentes escarpes asociados a estas fracturas están relacionados con el contraste litológico a ambos lados de la falla; areniscas más resistentes al norte y limolitas al sur de las mismas.

Una tercera fractura paralela a las anteriores separa la llanura aluvial del río Yaque del Norte de los relieves de la Cordillera Septentrional. Esta fractura, si bien no es tan conspicua morfológicamente como las anteriores, ya que en ocasiones se encuentra bajo depósitos aluviales cuaternarios sin afectarlos, corresponde al trazado de la falla de Monte Cristi de MANN et al. (1998). Estos mismos autores describen dos secciones topográficas a lo largo de los arroyos Fogones y Salado que confirman la existencia de un escarpe que muestra rocas sedimentarias neógenas a ambos lados de la falla, confirmando la presencia de areniscas morfológicamente resistentes en el labio norte e intercalaciones de areniscas y limolitas más blandas en el labio sur. El conjunto habría sido cubierto por aluviones pleistocenos fosilizando en parte la fractura.

3.2 Estudio del modelado

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Cordillera Septentrional, la llanura aluvial del río Yaque del Norte y la orla litoral de Monte Cristi-

Pepillo Salcedo tiene como resultado una expresión geomorfológica sensiblemente diferente. Así, el modelado de la sierra es el producto de una larga evolución presidida por los procesos geodinámicos internos (ígneos y tectónicos) acaecidos a lo largo del periodo Cretácico-Terciario, generadores de relieves positivos, sobre los que han actuado, con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o modelado de dichos relieves, destacando los de carácter fluvial y gravitacional.

En el caso de la llanura aluvial del río Yaque del Norte, puede considerarse que la creación de su fisonomía básica arranca con los procesos de sedimentación y acumulación de los materiales procedentes de las Cordilleras Central y Septentrional, iniciados entrado el Cenozoico, en el Valle del Cibao. El retrabajamiento en la costa por parte del océano es el responsable en última instancia del modelado de la orla litoral de Monte Cristi-Pepillo Salcedo.

3.2.1 Formas gravitacionales

Pese a los desniveles existentes en el ámbito de la Cordillera Septentrional, no se trata de formas excesivamente extendidas ni de grandes dimensiones, en buena parte como consecuencia de la propia dinámica de retroceso de las vertientes, que provoca su permanente evolución. Las más frecuentes son los coluviones, formados como respuesta al desequilibrio provocado en las laderas por la erosión fluvial. Se distribuyen con mayor preferencia al pie de escarpes de falla, como en el caso de la fractura de la Loma El Convento-Loma El Guazabaro-paraje El Muerto, o en laderas de relieves aislados como el Cerro del Morro.

3.2.2 Formas fluviales y de escorrentía superficial

Son las formas con mejor representación cartográfica de toda la zona. Su cartografía permite asimismo y de forma complementaria una detallada caracterización de la red de drenaje. Constituyen la práctica totalidad de la superficie de la de la llanura aluvial del río Yaque del Norte, donde destaca la extensión de los cinturones de meandros, sin olvidar la orla de glaciares, abanicos y conos de deyección que se disponen al pie de los relieves.

La red de drenaje puede ser clasificada basándose en la densidad de corrientes, textura y forma, factores todos ellos deducibles a partir de fotointerpretación, aplicando la clasificación de Way. La llanura aluvial del Yaque presenta una densidad de drenaje

gruesa con una textura desordenada propia de las llanuras aluviales. Los terrenos de la Cordillera Septentrional presentan una densidad de drenaje fina a media con una textura de tipo dendrítico

La mayor variedad de formas ligadas depósitos fluviales se encuentra en el valle del río Yaque del Norte, en cuya llanura aluvial se han diferenciado: llanura de inundación, cauces y meandros abandonados.

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

Sólo se han identificado niveles de terrazas pertenecientes al sistema del río Masacre al sur de la población de Pepillo Salcedo. Probablemente la ausencia de niveles en el Yaque sea la consecuencia del bajo potencial de encajamiento debido a la escasa diferencia altimétrica entre la llanura y su nivel de base, constituido por el océano Atlántico.

Entre las formas erosivas se han reconocido marcas de incisión lineal, ampliamente representadas en la Cordillera Septentrional y aristas divisorias.

También tienen representación pequeños conos de deyección o abanicos aluviales dispuestos al pie de los relieves de la vertiente norte de la Cordillera Septentrional. Su depósito se produce en la confluencia de los elementos de la red fluvial, con áreas menos encajadas, en las cuales la carga transportada por aquéllos pierde su confinamiento, expandiéndose. Las dimensiones de estos conos son reducidas, entorno al kilómetro cuadrado.

3.2.3 Formas lacustres y endorreicas

Se hallan representadas únicamente por lagunas relacionadas genéticamente con la interacción entre la dinámica fluvial y la dinámica costera. Son áreas deprimidas entre zonas de aporte de sedimentos en la zona de mareas altas. El ejemplo a citar es la Laguna de la Salina, al SW de los Conucos.

3.2.4 Formas poligénicas

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

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

Los glacis y los abanicos aluviales pueden estar íntimamente relacionados, por lo que a veces surge un problema para diferenciarlos, aunque desde un punto de vista morfogenético los abanicos se incluyen claramente en el sistema fluvial. Un abanico puede convertirse en un glacis como consecuencia del descenso del nivel de base y un aumento de la erosión que provoca su degradación, y a su vez éste puede quedar fosilizado por aportes posteriores, formando un abanico. Se ha preferido describir el piedemonte que aparece al sur de la Hoja como glacis por diversas razones: en primer lugar para remarcar su origen poligénico; asimismo se ha tenido en cuenta que los glacis son propios de áreas con relieve poco contrastado, como es el caso, a diferencia de los abanicos, que son más abundantes en relieves enérgicos; el espesor del depósito es inferior a 1/100 de la longitud de la forma y presenta las mayores potencias, al menos aparentemente, en las zonas más distales; características todas ellas más propias de los glacis. Por último, el considerar la peculiaridad climática de esta zona semiárida y seca, entorno más típico de los glacis que de los abanicos aluviales. De todas formas, la adscripción de estas formas a abanicos aluviales de baja pendiente degradados también podría ser posible, aunque por su descripción habría que incluirlos necesariamente en las formas poligénicas.

3.2.5 Formas marinas-litorales

Se circunscriben a la orla litoral de Monte Cristi-Pepillo Salcedo. Son formas estrictamente relacionadas con la franja costera.

El río Yaque del Norte presenta en la actualidad delta muy modesto, si tenemos en cuenta la longitud y caudal de este curso, lo que lleva a pensar que gran parte de los sedimentos aportados por el Yaque son redistribuidos por las corrientes marinas a lo largo de la costa. Como prueba de ello, un cordón litoral se extiende a lo largo de 12 km al Suroeste de la desembocadura del río Yaque, configurando en su extremo una flecha litoral; es la denominada península de Manzanillo (De la Fuente, 1976). Este cordón se dispone como una franja de 700 m de anchura paralela a la línea de costa. En la zona denominada punta de la Luna el cordón se ve momentáneamente interrumpido y la línea de costa se adentra en el mar dibujando una forma groseramente deltaica, que se interpreta como los restos de un antiguo delta totalmente retrabajado. Este delta se formó debido a una avulsión, provocada por una de las grandes avenidas del Yaque, en una fecha no registrada; y fue enderezado posteriormente hacia la Bahía de Montecristi, a finales del siglo XIX mediante una represa cerca de Las Cañas (De la Fuente, 1976).

El cordón litoral prosigue hasta Punta Cangrejo. La morfología del mismo está definida por el desarrollo longitudinal de dunas, que alcanzan alturas métricas, a cuya espalda se reconocen los surcos de crecimiento. El desarrollo completamente asimétrico del cordón a ambos lados de la desembocadura del río Yaque del Norte sugiere que su formación puede hallarse, de alguna manera, relacionada con la migración de sedimentos desde la desembocadura por corrientes paralelas a la costa en sentido SW. De forma accesoria a lo largo de su frente se extiende una estrecha playa de arena.

La influencia de las mareas ha permitido el desarrollo de una marisma baja, localizada bajo la influencia de las mareas diarias y colonizada por un manglar, y de una marisma alta, situada en la zona de influencia de las mareas excepcionales; debido a la baja pendiente del terreno, que se extienden varios kilómetros hacia el interior, localizándose los mayores desarrollos a espaldas del cordón y alcanzando en diversas ocasiones los 6 km. El detalle geomorfológico de la zona incluye canales y lagunas mareales. Como consecuencia del efecto del cordón y de la tendencia ascendente de

la región con respecto al nivel del mar, hacia el interior se extiende una franja que podría corresponder en parte a la llanura de marea abandonada.

Existen otros indicios de esta tendencia ascendente, como los concheros de Lambi a distancias inusuales de la costa, construcciones biogénicas emergidas sin que pueda determinarse hasta qué punto han intervenido fenómenos tectónicos en el escalonamiento.

3.2.6 Formas antrópicas

Como agente geomorfológico, el hombre actúa en diferentes sentidos: modificando el paisaje debido a los usos del suelo para actividades agropecuarias, labores extractivas (canteras a cielo abierto, minería, trincheras, desmontes), construcción de redes de transporte y asentamientos urbanos o de tipo industrial; localmente, la remoción de materiales y la modificación de la topografía original son intensas, bien allanando, rellenando o ahuecando el terreno. Obviamente, no se han representado las modificaciones antrópicas plasmadas en la base topográfica (núcleos urbanos, viales, ferrocarriles y otros elementos planimétricos).

4. FORMACIONES SUPERFICIALES

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

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

4.1 Formaciones gravitacionales

4.1.1 Cantos, arenas y lutitas. Coluviones (b). Holoceno

En general, se trata de depósitos muy heterométricos, con acumulación caótica de bloques y gravas con abundante matriz limosa. La forma de los cantos es angulosa, excepto cuando ya vienen rodados del área fuente. La litología de estos depósitos es muy variada, y está en función del tipo de sustrato de cada zona. Su potencia y características internas también son variables, no pudiendo precisarse aquélla por ausencia de cortes de detalle, aunque se deducen potencias de orden métrico. En cuanto a su edad, se asignan al Holoceno. Aparecen en las vertientes del Morro así como en las de determinados cerros de la zona norte de la Hoja Loma El Convento, Loma El Guazábaro, Loma Isabel de Torre, Loma de los Magueyes.

4.2 Formaciones fluviales y de escorrentía superficial

4.2.1 Lutitas, arenas y gravas. Abanicos aluviales(f). Holoceno.

Los abanicos aluviales presentes en la hoja se desarrollan, por una parte, en relación con las principales elevaciones (Lomas de El Morro, Isabel de Torre....), y por otra, en relación con la desembocadura en el mar de pequeños cauces estacionales, constituyendo en realidad pequeños "fan-deltas". Es de destacar la presencia de un abanico sumergido, a profundidades de hasta al menos 3 m, en la playa de Popa o de Petí Salina. Los materiales que los constituyen son principalmente gravas y cantos, con contenido arenoso importante en ocasiones. La matriz fangosa, aunque presente, no suele ser observable en el campo por estar lavada. Aunque su espesor no es visible en punto alguno, su valor máximo, de unos 20 m, debe registrarse en la zona apical, disminuyendo progresivamente hacia las zonas distales. Su edad en general es

Holoceno, si bien al Oeste de la Loma de Isabel de Torre se encuentra un gran retazo de un abanico erosionado que podría ser más antiguo.

4.2.2 Arenas y limos. Llanuras de inundación y rellenos de meandro (g). Holoceno

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

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

Los fondos de valle están constituidos fundamentalmente por gravas y arenas. Las gravas contienen cantos redondeados heterométricos, pudiendo señalarse orientativamente un 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.

Constituyen una de las principales manifestaciones de la dinámica actual, por lo que se asignan al Holoceno.

4.3 Formaciones marinas-litorales

4.3.1 Limos y arenas salobres. Marismas altas (b).

Son depósitos de carácter eminentemente detrítico fino. Se trata básicamente de limos de colores negruzcos y olor fétido que incorporan abundantes restos de bivalvos y gasterópodos. En el caso de las marismas altas y de las llanuras de mareas abandonadas son visibles grandes superficies de eflorescencias salinas. No se ha observado corte alguno que permita una detallada descripción de las unidades ni tampoco el establecimiento de su espesor, posiblemente de orden métrico a decamétrico. En cuanto a su edad, corresponden al Holoceno.

4.3.2 Limos y arenas. Marismas bajas (c).

Similares a las anteriores, aunque en el caso de la marisma baja se aprecia un notable contenido de materia orgánica, como consecuencia de su colonización por el manglar. Los manglares que ocupan dentro de la hoja las áreas de marisma baja no permiten en general observar los materiales que ocupan esta franja, si bien en algunos casos se ha podido observar la presencia de fangos con alto contenido en materia orgánica y abundantes conchas de bivalvos y gasterópodos, frecuentemente en posición de vida. No se ha observado corte alguno que permita una detallada descripción de las unidades, ni tampoco el establecimiento de su espesor, posiblemente de orden métrico a decamétrico. En cuanto a su edad, corresponden al Holoceno.

4.3.3 Arenas. Cordones litorales (v). Holoceno

Constituyen el cordón litoral de Punta de Luna, de composición eminentemente arenosa. Se trata de arenas finas a medias, con estratificación cruzada plana y niveles de concentración de minerales pesados, que tierra adentro han dejado una serie de crestas correspondientes a cordones relictos, reconociéndose los surcos de crecimiento, aunque la escala de trabajo sólo ha permitido su representación lineal. En las zonas situadas entre crestas se desarrollan pequeños campos de dunas, nucleadas por la vegetación, con alturas decimétricas. En las crestas, sobre todo en la adyacente a la costa y las próximas al límite con la marisma, se superponen también en ocasiones pequeñas dunas que pueden llegar a alcanzar alturas próximas a un metro. Su desarrollo ha tenido lugar dentro del Holoceno.

El extremo Noreste del cordón litoral está afectado en estos momentos por una fuerte erosión costera, habiendo llegado a retroceder la línea de costa más de 300 m, como puede comprobarse comparando los mapas topográficos a escala 1.50.000 de 1984 con la ortoimagen de satélite a la misma escala de 2002. Este retroceso podría estar relacionado con la fuerte antropización de la llanura de inundación del Yaque, en la que se han construido numerosos canales artificiales que disminuyen la carga de sedimentos aportada por éste a la costa. Su desarrollo ha tenido lugar dentro del Holoceno. Los minerales pesados han sido objeto de exploración minera.

Existen otros pequeños depósitos de materiales arenosos de origen eólico no cartografiados a la escala de trabajo. Los más significativos aparecen en las proximidades de la Laguna de La Piedra. Están constituidos por un manto de arenas

de grano fino medio con laminación paralela. El material aparece alterado con colores rojizos de tinción de óxidos de hierro, provocado por la oxidación de minerales pesados. La potencia máxima observada es del orden del metro. Otras acumulaciones similares están presentes en diversos puntos de la costa, destacando las pequeñas dunas colgadas que son visibles en la bajada a la playa de El Morro.

4.4 Formaciones antrópicas

4.4.1 Sales. Salinas. 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. Evidentemente, se trata de depósitos actuales.

Otros depósitos antrópicos existentes dentro de la hoja, aparte de las construcciones urbanas y los derivados de las infraestructuras viarias, carecen de dimensiones cartografiables. Los pequeños vertederos de residuos urbanos son frecuentes en los alrededores de Montecristi, sobre todo a lo largo de la pista hacia Isabel de Torre. Otros depósitos antrópicos de carácter singular y dimensiones muy reducidas son los concheros de Lambí (*Strombus gigas*) que por lo general son acumulados por los pescadores en la línea de costa formando cordones alargados o pequeños montículos que llegan a alcanzar alturas ligeramente superiores a 1 m. Es de destacar la presencia de alguno e estos montículos en áreas actualmente alejadas de la línea de costa hasta 2.500 m, y por detrás de zonas actualmente ocupadas por manglar, hábitat no utilizado por estos gasterópodos.

5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

Aunque evidentemente la morfología de la región está influenciada en última instancia por los procesos sedimentarios acaecidos a lo largo del Neógeno, su fisonomía actual se ha perfilado fundamentalmente en dos etapas de su historia: la primera, durante el Mioceno, tras la colisión arco-continente entre La Española y las Bahamas, cuando la deformación subsecuente, generalmente traspresiva estableció la distribución de cordilleras y depresiones visibles hoy día; y la segunda, ya en el Cuaternario, cuando el relleno pliocuaternario de las cuencas fue configurado de acuerdo con la geometría actual. La superposición de ambas etapas estableció el diseño regional básico sobre el que ha actuado el modelado holoceno, diseño basado en la presencia del Valle del Cibao entre la Cordillera Septentrional y el piedemonte de la Cordillera Central. La evolución holocena ha estado condicionada principalmente por la actividad neotectónica, que ha producido una tendencia regional ascendente, y por los procesos fluviales, que no sólo han llevado a cabo una importante labor de incisión en las áreas montañosas, sino que con sus aportes sedimentarios han provocado la colmatación del Valle del Cibao, especialmente representado por la llanura aluvial del río Yaque del Norte.

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

La evolución reciente del ámbito de la Hoja ha estado condicionada en parte por la acumulación sedimentaria en el Valle del Yaque. La incisión fluvial ha sido poco marcada en la depresión como consecuencia de su pequeño desnivel con respecto al mar. La actividad de las áreas montañosas circundantes, Cordillera Septentrional y Cordillera Central no ha sido simétrica. En el primer caso ha sido liderada por el encajamiento de la red fluvial y la actividad neotectónica, desencadenando el

desarrollo de una extensa orla de abanicos aluviales y conos de deyección. En el caso de la Cordillera Central, la actividad neotectónica no ha sido al menos tan manifiesta y el piedemonte existente (hoja de Dajabón) con amplios glacis responde a un modelo más estable. Sin embargo, en las zonas elevadas la actividad erosiva fue de importancia borrando cualquier resto conspicuo de superficies de erosión que solo se habrían conservado ocasionalmente (hoja de Mao). La actividad de la Falla Septentrional ha sido manifiesta y muestra características geomórficas típicas de fallas con actividad reciente pudiendo considerarse totalmente activa en la actualidad.

El trazado del curso bajo del Yaque del Norte se ha visto alterado en diversas ocasiones debido a avulsiones ocasionadas con toda seguridad por caudales de avenida relacionados con episodios de huracanes. Es conocido que el Yaque del Norte desembocaba unos 15 kilómetros al sur de su desembocadura actual a finales del siglo XIX y que fue enderezado de nuevo hacia la bahía de Montecristi mediante una represa cerca de Las Cañas.

6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

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

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

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

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

6.1 Actividad sísmica

La Española se sitúa en un contexto geodinámico de límite entre las placas litosféricas Norteamericana y Caribe, cuyo desplazamiento relativo este-oeste origina, en última instancia, la actividad sísmica; siendo este uno de los procesos activos más relevantes

que afectan el país. Actualmente existe un consenso en reconocer las principales estructuras tectónicas de la isla y que éstas están relacionadas con el desplazamiento relativo entre las placas litosféricas citadas.

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

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

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

Para la elaboración del presente trabajo se ha accedido a las siguientes fuentes y bases de datos: RSND Red Sísmica Nacional Dominicana, IPGH (Instituto Panamericano de Geografía e Historia), PRSN (Red Sísmica de Puerto Rico), MIDAS (Middle American Seismograph Consortium). Especialmente cabe señalar la información aportada por el Proyecto D: «Prevención de Riesgos Geológicos, (Riesgo Sísmico)» en el marco del Programa de Desarrollo Geológico y Minero en la República Dominicana (Sysmin). El periodo temporal cubierto por la documentación consultada abarca el periodo comprendido entre los años 1505 y 2003.

En la Hoja 1:100.000 de Montecristi se han localizado 53 epicentros. Cabe señalar que, debido a la calidad del registro, las localizaciones epicentrales deben tomarse como meras aproximaciones, ya que el error de posición es de orden kilométrico. Curiosamente, la mayoría de epicentros se sitúan sobre la llanura de inundación del río Yaque del Norte, siendo claramente minoritarios los situados sobre la Cordillera

Septentrional. Sin embargo, parece existir una relación directa entre la situación morfoestructural y la profundidad de los focos de los sismos. Así, los situados en la Cordillera Septentrional y algunos de las inmediaciones de ésta presentan profundidades comprendidas entre 20 y 60 km, mientras que la práctica totalidad de los que aparecen sobre la llanura aluvial sitúan sus focos a profundidades inferiores a 20 km.

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

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

La zona de Monte Cristi está expuesta a los tsunamis tal como atestigua el registro histórico existente (Mora, 2003). Las costas Haitianas y Dominicanas han sido afectadas por Tsunamis en diversas ocasiones: 1842 (Cap Haïtien-Monte Cristi), 1887

(Cap Haitien), 1904 ($M_s \geq 6.5$, $I_{mm} = IX$ Port-de-Paix), 1947-48-49 ($M_s = 8.1$, $I_{mm} = X-XI$ El Cibao).

6.2 Actividad neotectónica

En una región donde la actividad neotectónica es evidente, sorprende que las formas originadas por ella sean menos de las previsible. Por lo que se refiere a los principales sistemas de fallas en relación con la Hoja de Monte Cristi; probablemente esto es debido a la elevada velocidad de erosión y a la densa cubierta vegetal de las sierras, factores que sin duda enmascaran rápidamente algunas de dichas formas, como los escarpes producidos por las fallas. Sin embargo, el rastro de la Zona de Falla Septentrional SFZ tiene características geomorfológicas típicas de las fallas activas transcurrentes, es decir: *shutter ridges*, drenajes alineados, conflictos de vegetación, pliegues *en echelon*, escarpes, etc.

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

Indicios más o menos directos de la actividad neotectónica de la hoja están en relación con variaciones locales recientes de la línea de costa dentro de la hoja. En varios casos hay evidencias de que el nivel relativo del mar ha ascendido recientemente en algunos puntos, como en la playa de Gran Mangle, donde se han podido localizar raíces de mangle sumergidas hasta profundidades de al menos 2 m; y la playa de Petí Salina, donde un abanico aluvial reciente se encuentra sumergido. Otros puntos muestran evidencias de un descenso relativo del nivel del mar en época reciente, como La Playita, en la ladera Oeste de El Morro, donde una superficie de perforación de litófagos se encuentra aproximadamente un metro y medio por encima del nivel medio actual de las mareas, o la zona de la salina de Los Socios, donde se encuentran acumulaciones antrópicas de conchas de Lambí a más de 2.500 m de la

línea de costa actual. Estas evidencias apuntan claramente a la existencia en la zona costera de la región de una actividad tectónica con movimiento diferencial de bloques que merecería un estudio más profundo, incluyendo dataciones absolutas y que se sale del marco de este proyecto.

6.3 Actividad asociada a procesos de erosión

Alcanza su máximo desarrollo en la zona montañosa, pues su acción es de baja intensidad en la depresión, donde predominan los procesos de inundación y sedimentación.

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

Por otro lado deben destacarse los procesos erosivos en la zona litoral. A este respecto cabe señalar que en las proximidades de la desembocadura del Yaque la línea de costa ha retrocedido más de 300 m. desde 1984. Esta afirmación se basa en la comparación de fotografías aéreas e imágenes de satélite de diferentes años.

6.4 Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación

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

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

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

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

Aunque ajenas a la actividad de las mareas, también las llanuras mareales abandonadas son susceptibles de sufrir inundaciones, bien por una invasión marina provocada por tormentas violentas o mareas excepcionales o bien por los aportes del río Yaque en eventos de gran magnitud. También son susceptibles de sufrir encharcamientos, por causas diversas, las pequeñas lagunas colmatadas o desecadas cercanas al litoral.

El Río Yaque del Norte merece una especial atención. La cuenca hidrográfica del río Yaque del Norte es la de mayor extensión (6,964 km²) en la República Dominicana y la segunda en el orden poblacional.

Su caudal máximo medio anual es de 389.87 m³/seg, y el promedio de caudales máximos anuales es de 695.5 m³/seg, 885.22 m³/seg, 951.42 m³/seg, 1175.09 m³/seg, y 1,429.4 m³/seg para periodos de retorno de 10, 20, 25, 50, y 100 años, respectivamente (PNORHI, 1994).

En la cuenca del río Yaque del Norte se han desarrollado varios proyectos hidráulicos (presas y embalses) que permiten la laminación de avenidas hasta cierto periodo de

retorno (de 1 en 300 o 500 años), pero no son suficientes para el caso de avenidas como las provocadas por los huracanes David y Georges y la tormenta Federico.

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

6.5 Actividad antrópica

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

7. REFERENCIAS CITADAS

- CAMARASA BELMONTE, A.M. (2002): *Crecidas e inundaciones*. En *Riesgos naturales* (AYALA-CARCEDO, F.J. y OLCINA, J.; coordinadores). 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 p.

- MANN, P., PRENTICE, C., BURR, G., PEÑA, R., TAYLOR, F. W. (1998): *Tectonic geomorphology and paleoseismology of the Septentrional fault system, Dominican Republic*. En: *Active Strike-Slip and Collisional Tectonic of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone* (DOLAN, J. F., MANN, P., Eds.). *Geological Society of America Special Paper, N° 326*. N° 326. 63-123.

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

- GONZALEZ DE VALLEJO, L. (1980): *Fallas activas y sus implicaciones en la ingeniería*. Bol. Soc. Geol. Perú. N° 65. Pp. 99-104