



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL  
REPÚBLICA DOMINICANA

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

**ESCALA 1:100,000**

**MAO  
(5974)**

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

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada en el periodo 2002-2004 por Informes y Proyectos S.A. (INYPSA), formando parte del Consorcio IGME-BRGM-INYPSA, dentro del Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, Proyecto K, con normas, dirección y supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN), habiendo participado los siguientes técnicos y especialistas:

#### CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

- Ing. Juan Escuer Solé (INYPSA)

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

- Ing. Juan Escuer Solé (INYPSA)

#### REDACCIÓN DE LA MEMORIA

- Ing. 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 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 a los geólogos Alberto Díaz de Neira, Eloi Saula Briansó y 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 .....  | 6  |
| 2.    | DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA.....   | 7  |
| 3.    | ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO .....   | 9  |
| 3.1   | Estudio morfoestructural .....  | 9  |
| 3.1.1 | Formas estructurales .....  | 9  |
| 3.2   | Estudio del modelado.....   | 11 |
| 3.2.1 | Formas gravitacionales.....   | 11 |
| 3.2.2 | Formas fluviales y de escorrentía superficial .....   | 11 |
| 3.2.3 | Formas lacustres y endorreicas .....  | 13 |
| 3.2.4 | Formas poligénicas.....   | 13 |
| 3.2.5 | Formas por meteorización química .....  | 14 |
| 3.2.6 | Formas antrópicas .....   | 15 |
| 4.    | FORMACIONES SUPERFICIALES .....   | 16 |
| 4.1   | Formaciones gravitacionales.....  | 16 |
| 4.1.1 | Cantos, arenas y lutitas. Coluviones (a). Holoceno.....   | 16 |
| 4.2   | Formaciones fluviales y de escorrentía superficial .....  | 16 |
| 4.2.1 | Gravas, arenas y limos. Terrazas altas (b). Pleistoceno .....   | 16 |
| 4.2.2 | Gravas, arenas y limos. Terrazas medias y abanicos aluviales antiguos (c). Pleistoceno-Holoceno.....    | 17 |
| 4.2.3 | Gravas, arenas y limos. Terrazas bajas, abanicos y conos de deyección modernos (d). Holoceno.....       | 19 |
| 4.2.4 | Arenas y limos. Llanuras de inundación, barra actual y depósitos de fondo de valle, (e). Holoceno ..... | 19 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.3   | Formaciones por meteorización química.....   | 20 |
| 4.3.1 | Arenas eluviales (f). Pleistoceno-Holoceno.....  | 20 |
| 4.4   | Formaciones poligénicas.....   | 21 |
| 4.4.1 | Limolitas, lutitas y conglomerados. Glacis antiguo. (g). Pleistoceno-Holoceno.                                 | 21 |
| 4.4.2 | Limolitas, lutitas y conglomerados. Depósitos mixtos aluviales, coluviales. Glacis moderno. (h). Holoceno..... | 21 |
| 4.5   | Formaciones antrópicas.....  | 22 |
| 4.5.1 | Desechos urbanos. Vertedero (i). Holoceno .....  | 22 |
| 5.    | EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA.....   | 23 |
| 6.    | PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO.....  | 25 |
| 6.1   | Actividad sísmica .....  | 25 |
| 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 |
| 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. (INYPESA) ha sido el responsable de la ejecución, bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG) y la supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN), del 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 Mao 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 Mao (5974). 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, 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 Geomorfolología (Análisis morfológico y Evolución e historia geomorfológica).

## **1.2 Situación geográfica**

La Hoja a escala 1:100.000 de Mao (5974) está ubicada en el sector Noroeste de la República Dominicana, en la parte Centro-occidental del Valle del Cibao (Figura 1), a unos 180 Km en línea recta de la capital, Santo Domingo, y unos 210 Km por carretera. La vía de acceso, la más cómoda en vehículo de motor, es de Santo Domingo a Santiago (150 Km) por la autopista Duarte (2h) y de Santiago a Mao (60 Km) por carreteras secundarias (1h).

- La carretera de Mao a Santiago Rodríguez, con la población de Los Quemados.
- La carretera de Cruce de Guayacanes a Mao con el pueblo de Guayacanes.
- La carretera de Mao a Guayubín, con las poblaciones de Pueblo-Nuevo-Gurabo y Piloto.



Actualmente, en la zona rural del tercio Sur de la hoja, muchas casas, incluso aldeas enteras, como Gurabo Adentro, están abandonadas, testigo del paulatino abandono del medio rural.

La principal actividad económica de la zona es la agricultura, con cultivos principalmente dedicados al arroz, el banano y el tabaco, desarrollándose fundamentalmente en las vegas que ocupan la llanura de inundación del Rio Yaque. Esta agricultura está muy escasamente mecanizada, y basa su viabilidad económica en el empleo de una mano de obra barata constituida por trabajadores fundamentalmente de origen haitiano.

La red fluvial de la práctica totalidad de la hoja pertenece a la cuenca del Yaque.

### **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 la isla desde su formación, dando lugar, por una parte, a una elevada tasa de denudación, y por otra, a la formación de cuencas profundas y compartimentadas, donde se han acumulado potentes series sedimentarias.

La distribución espacial de los materiales es muy heterogénea, pudiendo diferenciarse, dentro del área abarcada por el Proyecto K, una serie de dominios tectosedimentarios: el dominio de la Cordillera Septentrional, el dominio del Valle del Cibao, el dominio de Amina-Maimón, el dominio de Tavera, el dominio de la Cordillera Central, el dominio del Cinturón de Trois Rivières-Peralta y el dominio de la Cuenca de San Juan. Dentro de la presente, hoja los materiales representados corresponden mayoritariamente al 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.

Al oeste de la hoja también aparecen materiales pertenecientes al dominio de Amina-Maimón, mientras que al sur aparecen materiales pertenecientes a los dominios de Tavera y la Cordillera Central.

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. El dominio de Tavera tiene su área de afloramiento limitada a la Zona de Falla de La Española, y está ocupado por una serie compleja, al menos en parte sintectónica, y con espesor de difícil evaluación que incluye materiales volcánicos y vulcanosedimentarios, brechas de talud, 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. 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.

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.

#### **1.4 Antecedentes**

Al igual que en el resto del territorio dominicano, son escasas las referencias de índole geomorfológica que afectan a la Hoja de Mao, 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.

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 de Mao se halla entre la Cordillera Central y la Cordillera Septentrional, cerca del extremo noroccidental de la República Dominicana. Presenta dos mitades bien diferenciadas: la mitad norte, de relieves llanos y poco elevados, dominada por la depresión del río Yaque del Norte; y la mitad meridional, más accidentada y elevada, por incluir estribaciones marginales al norte de la cordillera Central.

De esta forma, el punto más elevado de la hoja se encuentra en el Alto de la Mata del Dajao, con 950 msnm; y el más bajo en el extremo noroeste de la hoja, con unos 20 msnm, en el punto donde el Yaque del Norte abandona la hoja fluyendo hacia el noroeste. El río Yaque domina una considerable depresión, de morfología muy llana, que surca describiendo marcados meandros, debido a su suave desnivel.

La mitad meridional presenta algunos macizos secundarios de la Cordillera Central, donde ésta encuentra su fin hacia el norte. Flanqueando estos macizos, los ríos principales de la hoja, situados en la parte meridional de la misma, fluyen hacia el norte, resultando finalmente todos afluentes del río Yaque del Norte (ríos Mao y Gauyubín). Éste constituye el principal eje de drenaje de la hoja y fluye en dirección NNW, siendo toda la red subsidiaria de éste.

En el extremo sureste de la hoja se encuentra el Alto del Roblito, con una cota en torno a los 580 m, y al W del cual fluye el río Magua, afluente del Mao; al este a su vez del Alto de la Mata del Dajao, con los 950 msnm que coronan la hoja. Entre este alto y los Cerros del Arroyo Hondo (máximo de 435 msnm), al W, pasa el río Yaguajal; y al oeste de los Cerros, el Guayubín, ya próximo al extremo suroccidental de la hoja. El río Yaguajal es afluente directo del Guayubín, al que se une aproximadamente en el centro de la mitad W de la hoja. De esta manera, tenemos la red de drenaje principal fluyendo en sentido norte-sur; los ríos mencionados a los que se suman el Cana y el Gurabo, que adquieren su nombre hacia el centro de la hoja y desembocan igualmente en el Yaque.

El clima dominante es tropical, con una temperatura media anual en torno a los 26°C. La precipitación media anual varía entre los 700 mm/año en el borde norte de la hoja y los 1800 mm/año en el rincón suroeste, debido a la influencia de las mayores alturas alcanzadas en la mitad sur de la hoja de Mao, que provocan unas precipitaciones más abundantes.

**DOMINIOS FISIGRÁFICOS DE LA REPÚBLICA DOMINICANA (Modificado de De la Fuente 1976)**

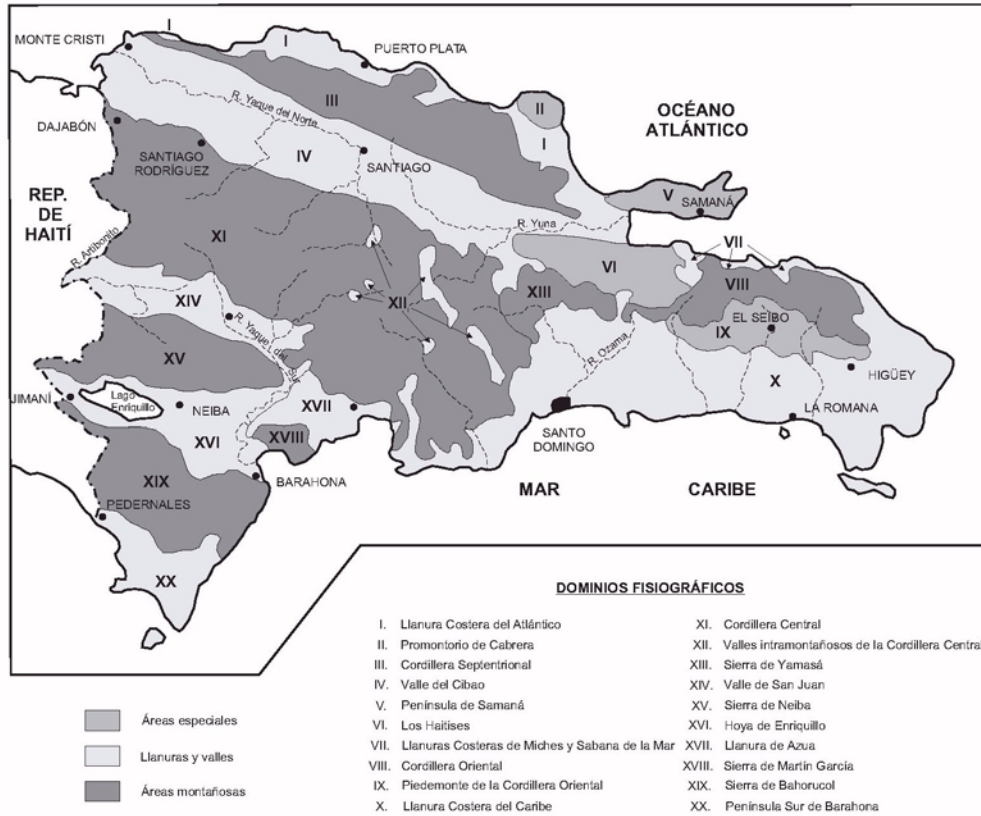


Fig. 1

Figura 1 – Dominios fisiográficos 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**

En la hoja aparecen las siguientes unidades morfoestructurales de rango mayor: la Cordillera Central y el Valle del Cibao. Este último se subdivide clásicamente 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 Mao incluye terrenos pertenecientes a este último.

La Cordillera Central es el principal sistema montañoso de la isla y puede considerarse constituida por un macizo central y tres ramas principales. La Hoja de Mao comprende relieves pertenecientes al denominado macizo del Noroeste (De la Fuente, 1976). Sin embargo, en el ámbito de la hoja, esta zona de la Cordillera Central ha sido arrasada en al menos una ocasión, afectada por procesos de peneplanización que crearon amplias superficies de erosión, hoy completamente degradadas o en un estado muy avanzado de degradación.

Las dos grandes unidades, Valle del Yaque y Cordillera Central, aparecen bien compartimentadas gracias a la estructura de la Loma de Zamba, un relieve estructural desarrollado a favor de las calizas pliocenas de la Fm Mao.

#### 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 tienen una importancia morfogenética notable en la Hoja de Mao. La estructura de Loma de Zamba separa el Valle del Yaque de los materiales de la Cordillera Central y de las estribaciones septentrionales de esta

última; cruza la hoja describiendo en planta un trazo levemente arqueado, presentando diversas formas estructurales. El contacto entre el Valle del Yaque estricto y la Loma de Zamba viene marcado por una flexión monoclinal. Las superficies estructurales aparecen ampliamente desarrolladas en relación con esta estructura, preferentemente en su zona alta, y están definidas por la existencia de superficies regulares controladas por la existencia en el subsuelo de una capa dura, competente, en este caso calizas. En ocasiones la caliza llega a aflorar, aunque es más frecuente que exista un recubrimiento edáfico o restos de capas menos competentes sobrepuestas.

Los límites de las superficies estructurales pueden ser muy abruptos, mostrando escarpes estructurales más o menos importantes. Éstos se desarrollan gracias a la existencia de una capa dura, y no están vinculados necesariamente a la aparición de una plataforma, pudiendo aparecer de forma individualizada. En la cartografía se han diferenciado atendiendo a su tamaño.

En la Cordillera Central aparecen diversas morfologías relacionadas con el trazado de fallas, algunas con expresión morfológica clara. Corresponden a fallas normales y desgarres cuya longitud puede superar los 10 km. Algunos de éstos parecen responder al rejugio de fallas inversas. En ocasiones, la presencia de rasgos morfológicos parece estar condicionada por una falla, sin que se tenga la total certeza de su existencia; en otras, las fallas parecen encontrarse bajo depósitos cuaternarios sin afectarlos, habiéndose representado en ambos casos como fallas supuestas.

Pese a la elevada velocidad con que la meteorización elimina o enmascara algunas formas, existen diversos rasgos derivados de la interacción de aquella y la acción de algunas fallas, como es el caso del escarpe de falla exhumado, como el que aparece al sureste de Monción en la fractura que separa los materiales del grupo Yaque de los pertenecientes al grupo Tavera. En la misma área se han identificado zonas intensamente fracturadas, alineadas paralelamente a la dirección de fracturación preferente ONO-ESE en este sector.

Otras formas estructurales derivadas de la diferente respuesta de la litología a los agentes externos se relacionan con los límites de las intrusiones. Tal es el caso de los escarpes de contacto intrusivo, que aparecen orlando el batolito de Loma de Cabrera,

al SO de la hoja; o la existencia de diques, que al ser sometidos a erosión diferencial configuran crestas, barras rocosas y resaltes estructurales subverticales.

### **3.2 Estudio del modelado**

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

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.

#### **3.2.1 Formas gravitacionales**

Pese a los desniveles existentes en el ámbito de la Cordillera Central, 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

#### **3.2.2 Formas fluviales y de escorrentía superficial**

Las fluviales 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 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 a 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 Central 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 elementos fundamentales de la red fluvial actual.

Se han identificado niveles de terrazas, en el río Guayubín y Mao aunque su tamaño y distribución, así como la escala de trabajo, ha dificultado su representación cartográfica, obligando a agruparlas en conjuntos (inferiores, medias y superiores). Asimismo se ha podido comprobar que algunos de estos niveles, en el sistema de terrazas del río Mao, han sido afectados por fracturas recientes, lo cual complica todavía más la identificación de los distintos niveles.

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

También tienen representación conos de deyección o abanicos aluviales, dispuestos al pie de los relieves de la vertiente sur de la Cordillera Septentrional; si bien ésta queda fuera del ámbito de la hoja. 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 pueden ser importantes, del orden de varios kilómetros cuadrados.

### 3.2.3 Formas lacustres y endorreicas

Se hallan representadas únicamente por pequeñas lagunas, como la que aparece en la Sabana del Machete aunque su representación cartográfica es prácticamente nula debido a la escala de trabajo.

### 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 y las superficies de erosión que aparecen en la hoja.

Es innegable la existencia en la hoja de retazos de superficies de erosión, ya que en ocasiones pueden observarse los materiales geológicos, especialmente los que presentan estratificación, completamente biselados. Estas superficies de erosión son macroformas que afectan amplias zonas de la mitad meridional de la hoja.

La variabilidad altitudinal entre los diferentes retazos es también incuestionable, aunque el origen de dicha variabilidad no lo sea tanto. Esto puede deberse a distintas circunstancias, que probablemente puedan haberse combinado: existencia de más de una superficie, deformaciones tectónicas posteriores a la elaboración de la/las superficies (fracturas, basculamientos), desniveles previos importantes (existencia de un paleorrelieve) y evidentemente retoques erosivos posteriores.

La superficie de erosión localizada en el sector sureste del mapa muestra una marcada coincidencia en su límite noroeste con el contorno cartográfico de la Fm. Conglomerados de Bulla. Esto se observa en los alrededores de las localidades de la Palmita, Corralitos y Alto del Roblito. Este hecho permite considerar la posibilidad de que la superficie sobre la que se depositaron los conglomerados de la Fm. Bulla sea la misma que la superficie de erosión observable más al sur.

Uno de los rasgos más característicos de la zona de estudio es la frecuente presencia de un manto de alteración que ha sido prácticamente desmantelado en diversas áreas, mientras que en otras puede todavía reconocerse. Este rasgo hace sospechar que las superficies de erosión que hemos considerado anteriormente puedan ser asimilables a lo que en la literatura se conoce como formas de corrosión química en este caso "llanuras de corrosión química" o grabadas (del inglés etchplains; Twidale, 1989 a y b), especialmente aquéllas que afectan a un substrato de origen ígneo. Una llanura grabada es una superficie de erosión formada primeramente por una profunda intemperización o alteración; y posteriormente retrabajada por la erosión

que ha evacuado todo o parte del material alterado para formar una superficie a un nivel inferior.

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 la sedimentación. Éste es el caso de los piedemontes situados al norte de la Loma de Zamba. Por lo 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 a la hora de 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 los piedemontes que aparecen en la Hoja como glacis por diversas razones: en primer lugar para remarcar su origen poligénico. Asimismo, se ha tenido en cuenta que los glacis son propios de áreas con relieve poco contrastado, como es el caso; a diferencia de los abanicos, que son más abundantes en relieves enérgicos. El espesor del depósito 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 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 por meteorización química

Se encuentran relacionadas principalmente con la intensa carstificación que afecta a los materiales carbonatados aflorantes en la Loma de Zamba. Puede considerarse que esta zona ha estado sujeta a aplanamiento cárstico y constituye una superficie de corrosión. Dichas áreas se manifiestan como un campo de laplaces, con abundantes formas de disolución a pequeña escala. Localmente, los niveles carbonatados señalados se encuentran fuertemente brechificados, sin que pueda evaluarse la posible influencia de la carstificación en su génesis. También aparecen representadas

las dolinas en las zonas más elevadas como formas redondeadas o elipsoidales cuyo eje mayor posee dimensiones de orden hectométrico.

De forma casi testimonial se dan formas propias del berrocal (dorsos de ballena, bolos, domos rocosos, nubbins, etc.) sobre las rocas graníticas que aparecen al SO de la hoja, así como arenizaciones. Estas formas son modeladas, totalmente o en parte, por debajo de la superficie terrestre, puesto que pueden ser observadas perfectamente desarrolladas en el frente de alteración. Estas formas se consideran producidas por corrosión química, es decir, grabadas. Son el reflejo de la interacción de aguas subterráneas cargadas con compuestos químicos y organo-biológicos con la roca a escala regional. Las aguas subterráneas aprovechan las zonas de debilidad del substrato debidas a la mineralogía, textura y densidad de fracturación, generándose tendencias particulares en el desarrollo del relieve de un macizo rocoso.

### 3.2.6 Formas antrópicas

Como agente geomorfológico, el hombre actúa en diferentes sentidos: modificando el paisaje por 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; de 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 (a). 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 están rodados en el área fuente. La litología de estos depósitos es muy variada, en función del tipo de sustrato de cada zona. Su potencia y características internas también son variables, no pudiendo precisarse aquella 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 de la zona oriental de la Loma de Zamba y al pie de los escarpes formados en superficies estructurales calizas. En ocasiones, estos materiales gradan distalmente a depósitos de glacia moderno (h). En el resto de la hoja están escasamente representados y se reconocen únicamente en laderas de relieves estructurales.

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

#### 4.2.1 Gravas, arenas y limos. Terrazas altas (b). Pleistoceno

Se trata de depósitos que se limitan a pequeños retazos situados en la zona somital de las plataformas estructurales degradadas de Loma de Zamba, sobre la Loma de Las Caobas; dispuestos sobre la Formación Mao Adentro, a una altura próxima a los 340 m. No queda clara su adscripción a un curso actual al estar situadas entre los ríos Cana y Gurabo. Sin duda son depósitos residuales situados a +160 m sobre

cualquiera de los cauces citados. Litológicamente se trata de conglomerados constituidos por cantos poco redondeados de materiales fundamentalmente volcánicos y vulcanosedimentarios, probablemente procedentes en su mayor parte de las formaciones Tiro y Duarte. El tamaño de canto no sobrepasa los 10 cm, estando por lo general comprendido entre los 2 y los 5 cm. Los escasos afloramientos son de mala calidad, encontrándose los materiales lavados y probablemente alterados, sin que se haya podido localizar ningún corte que permita observar su estructuración interna.

Un segundo grupo de terrazas altas corresponde a los niveles superiores del sistema de terrazas del río Mao. Existen buenos puntos de observación de sus características a lo largo de todo el valle del citado río y a lo largo de la carretera que une las poblaciones de Monción y el Rubio. Son gravas polimícticas, de cantos redondeados, con tamaño de canto que oscila entre guijarro y bloque. La matriz está compuesta de arenas gruesas. La composición de los cantos incluye diversas rocas ígneas y metamórficas procedentes de la Cordillera Central. Es frecuente la presencia de cantos sueltos con pátinas ocres sobre la superficie de las terrazas. Los cortes disponibles permiten determinar que su espesor, si bien es variable, es de orden métrico. Por su posición se asignan al Pleistoceno.

#### 4.2.2 Gravas, arenas y limos. Terrazas medias y abanicos aluviales antiguos (c). Pleistoceno-Holoceno.

Aparecen orlando los cursos fluviales de los ríos Yaque del Norte, Mao, Guanajuma, Amina, Gurabo, Cana y Guayubín. Presentan cotas entre los +10 y +40 m sobre los cursos actuales. En los ríos Mao y Guayubín se han identificado subniveles en diversos puntos. No se descarta que algunos de ellos se deban a actividad neotectónica, ya que se han identificado fracturas afectando estos niveles en el caso del Mao. La litología del depósito de estos niveles varía de base a techo. La base del depósito siempre es erosiva, un tanto irregular sobre el substrato; y está formada por gravas polimícticas, de cantos redondeados, con tamaño de canto que oscila entre guijarro y bloque. La matriz es arenosa gruesa. La composición de los cantos, dependiendo del área fuente, incluye rocas ígneas y metamórficas de diverso origen, pudiendo incluir rocas procedentes de la Cordillera Central y rocas sedimentarias procedentes de los relieves estructurales de Loma de Zamba y su orla. Sobre estos materiales es habitual encontrar arenas con estratificación cruzada y por encima de éstas, suelos edáficos que pueden incluir horizontes de acumulación de carbonatos,

formando niveles de caliche. Los cortes disponibles permiten determinar que el espesor del conjunto, si bien variable, es de orden métrico a decamétrico.

En la cuenca del Mao es muy frecuente que estos depósitos estén recubiertos por depósitos de glaciares o mixtos aluvial-coluvial, de litologías carbonatadas, con los cuales pueden interdigitarse.

En el extremo norte de la hoja se reconocen abanicos aluviales antiguos, dispuestos al pie de los relieves de la vertiente sur del Cordillera Septentrional, que por su altura relativa serían equivalentes a los niveles de terraza citados. Sin embargo, el criterio de las alturas relativas no puede tomarse como una referencia válida, ya que la existencia de movimientos tectónicos recientes así como el paso de un contexto erosivo (terrazas) a uno agradante (sedimentación) pueden invalidar las correlaciones basadas en alturas relativas. Estos materiales afloran en las proximidades del límite norte de la hoja, encontrándose fallados y netamente erosionados por la red hidrográfica actual, sin que se conserve la forma original del depósito. La base de la unidad no aflora en ningún punto dentro de la hoja, y su potencia no puede ser estimada. Su litología está constituida por una serie heterogénea de depósitos clásticos, fundamentalmente groseros, con predominio de brechas y conglomerados entre los que se intercalan cuerpos más arenosos. Los cuerpos de brechas están constituidos por cantos y bloques de hasta 60 cm, predominantemente de naturaleza caliza y calcarenítica, aunque también son frecuentes los de rocas volcánicas, poco rodados, con facies desorganizadas o con gradación positiva poco marcada, presentando por lo general una abundante matriz arenoso-lutítica, propios de depósitos de flujos de derrubios y flujos de fangos. Los conglomerados se presentan en cuerpos canalizados, sin estructuración aparente. Están formados por cantos bien rodados, probablemente reelaborados, con tamaños en torno a los 3-10 cm. Los depósitos de arenas se presentan en cuerpos por lo general de continuidad lateral superior a los 100 m, presentando frecuentemente depósitos de "lag" de cantos y con laminaciones paralelas o cruzadas y claras gradaciones positivas que pueden culminar con limos. Todas estas características permiten interpretar estas facies como pertenecientes a depósitos de abanico aluvial, estando representadas tanto facies de orla de abanico como depósitos de abanico más proximal. Los materiales que constituyen este depósito tienen su origen en la Cordillera Septentrional, a partir de formaciones de edad, al menos en parte, paleógena. Éstos son los materiales más

antiguos que incorporan clastos procedentes de la Cordillera Septentrional hacia el Valle del Cibao, constituyendo el primer testimonio de la emersión de dicha cordillera.

4.2.3 Gravas, arenas y limos. Terrazas bajas, abanicos y conos de deyección modernos (d). Holoceno

Las terrazas bajas se reconocen en todos los ríos, con especial desarrollo en el Yaque del Norte. Su altura relativa respecto al curso no rebasa los 10 metros de desnivel. En la composición litológica de estos niveles predomina la fracción gruesa, las gravas, si bien suelen presentar granulometrías más finas cubriendo la fracción gruesa. La composición litológica depende del área fuente. En el caso del río Gurabo, con gran parte de la cuenca sobre substrato carbonatado, son frecuentes los cantos de calizas arrecifales; mientras que en el río Mao el carácter polimíctico es muy acusado, el tamaño medio de los cantos superior y su grado de redondez también.

Los abanicos aluviales modernos se desarrollan en dos contextos: en el extremo norte de la hoja se reconoce un conjunto de abanicos coalescentes encajados en el sistema de abanicos antiguos que se dispone al pie de la Cordillera Septentrional. Los abanicos modernos tienen menor extensión que los anteriores y gradan a los depósitos de terraza baja del río Yaque del Norte. Otro conjunto se desarrolla en la vertiente norte de Loma de Zamba, en la desembocadura de torrentes de escaso recorrido. Mención aparte, por su mayor extensión, merece el formado en la desembocadura del río Cana. Estos abanicos gradan lateral y distalmente a depósitos de terraza baja, o conectan con la llanura aluvial a través de un escarpe.

4.2.4 Arenas y limos. Llanuras de inundación, barra actual y depósitos de fondo de valle, (e). Holoceno

Los depósitos de barra actual se han cartografiado, por razones de escala, únicamente en el río Yaque del Norte.

El río Yaque del Norte presenta una amplia llanura de inundación en su recorrido por la hoja de Mao. El aspecto de esta llanura es el de una banda de anchura kilométrica, con un máximo de siete kilómetros en la transversal de Jaibón, 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 y 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.

Los ríos Mao y Guayubín desarrollan asimismo llanuras de inundación de reducidas dimensiones en los tramos más bajos de sus cursos.

Los depósitos de fondo de valle pueden reconocerse en numerosos cursos fluviales menores, pero la escala de trabajo sólo ha permitido la representación cartográfica de los de mayor entidad. Se incluyen en esta unidad sedimentos de origen fluvial aflorantes a distinta cota sobre el lecho actual del río, pero adyacentes al mismo. Se incluyen en el Holoceno.

### **4.3 Formaciones por meteorización química**

#### **4.3.1 Arenas eluviales (f). Pleistoceno-Holoceno**

Constituyen el producto de la hidrólisis de los silicatos constituyentes de los cuerpos intrusivos, desarrollados de forma más patente en el caso de los de mayor acidez. Conforman un manto irregular o regolito, cuyo espesor varía considerablemente en función de la composición de la intrusión, aumentando en cualquier caso en las zonas de fractura, donde aumenta asimismo la capacidad de penetración del agua. Su génesis está relacionada con la corrosión química a la que se ha aludido al hablar de las formas grabadas (ver 2.2.4).

Aparecen como una arena gruesa enriquecida en cuarzo y feldespatos, con grado de consolidación variable, pero por lo general bajo. En función de la densidad del diaclasado y de la efectividad del proceso, pueden ir acompañadas por bloques o bolos, generalmente subredondeados, de roca no alterada.

Estos depósitos se reconocen únicamente en el extremo meridional de la hoja, (vertiente SO de Loma Corral de Mata, más otros afloramientos menores situados más al este).

#### **4.4 Formaciones poligénicas**

4.4.1 Limolitas, lutitas y conglomerados. Glacis antiguo. (g). Pleistoceno-Holoceno.

En la vertiente septentrional de Loma de Zamba se localiza, al pie del escarpe originado por la flexión monoclinal existente, un glacis antiguo con continuidad lateral a lo largo de 25 km. La máxima extensión frontal se conserva en la transversal situada al Este del río Cana, con casi siete km de longitud. Al este del río Mao se conserva también un retazo de glacis antiguo, en la base de un relieve estructural formado por las mismas calizas que afloran en Loma de Zamba.

Estas formaciones superficiales cubren extensas áreas con suave pendiente, salpicadas por frecuentes resaltes rocosos de sustrato total o parcialmente rodeados por la formación superficial. Su clasificación resulta compleja merced a la gran variabilidad de tamaños y combinación de procesos sedimentarios. En general, en las zonas más proximales dominan los materiales gruesos y angulosos de evolución coluvial o gravitacional, pudiendo haberse formado por coalescencia de conos de deyección cercanos entre sí, pasando en las zonas medias y distales a materiales más finos y rodados de ambiente aluvial o incluso fluvial. Los de mayor extensión están situados en zonas donde la menor resistencia a la erosión de los materiales del sustrato ha permitido la excavación. Los más antiguos ocupan posiciones colgadas, pudiéndose considerar plataformas residuales.

La composición litológica es variada y depende del área fuente. En el sector más occidental los cantos son carbonatados y el carbonato también es abundante en la matriz, con espesores de depósito entre 1 y 3 m, y tamaños de canto centimétrico a decimétricos. En la zona central el depósito es muy disperso, y está formado por cantos de cuarzo y cuarcitas subangulosos de tamaño de canto centimétrico.

4.4.2 Limolitas, lutitas y conglomerados. Depósitos mixtos aluviales, coluviales. Glacis moderno. (h). Holoceno.

Varios niveles de glacis se localizan dispersos en toda la hoja, exceptuando el tercio meridional. Se trata, por lo general, de glacis desarrollados en la base de relieves estructurales, aunque también se reconocen glacis que recubren pendientes homogéneas en casi toda su extensión (Sabana Bonita, Sabana de la Canoa).

Los depósitos mixtos de origen aluvial-coluvial recubren vertientes menos regularizadas que los glacis. Se trata de depósitos con una extensión generalmente

inferior a la de éstos. Pueden situarse en el fondo de valles amplios y suaves, recubriendo ambas vertientes; o en vertientes onduladas formando depósitos discontinuos. En ocasiones puede considerarse estos depósitos como la suma de pequeños glaciares adyacentes, no representados como tales por cuestiones de escala.

En ambos tipos de depósitos la litología es muy similar, presentando facies de gravas de origen local, con granulometrías centimétricas, morfologías subangulosas que denotan poco transporte, alternando con facies más finas. Los rellenos son multiepisódicos y con arquitecturas internas caóticas, con bases erosivas y heterometrías muy marcadas.

#### **4.5 Formaciones antrópicas**

##### 4.5.1 Desechos urbanos. Vertedero (i). Holoceno

Corresponde a la acumulación de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Mao.

## 5. EVOLUCIÓN E HISTORIA GEOMORFOLÓGICA

---

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

La superposición de ambas etapas estableció el diseño regional básico sobre el que ha actuado el modelado holoceno, diseño basado en la presencia del Valle del Cibao entre la Cordillera Septentrional y el piedemonte de la Cordillera Central. La evolución holocena ha estado condicionada principalmente por la 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.

Los márgenes septentrionales de la Cordillera Central muestran diversas superficies de erosión que afectan a amplias zonas de la mitad meridional de la hoja. Existe una cierta variabilidad altitudinal entre los diferentes retazos, por lo que no puede afirmarse a ciencia cierta que se trate de una única superficie. A pesar de todo, la superficie de erosión del alto del Roblito, una de las mejor conservadas, puede datarse entre el Oligoceno y el Mioceno, ya que bisela conglomerados de la formación Inoa, y está fosilizada por los conglomerados de Bulla. Esta disposición es observable en otras localidades situadas más al oeste. Dicha superficie, una vez exhumada, sirvió de punto de partida para la progresiva instalación de la red fluvial actual, con toda probabilidad a lo largo de todo el Cuaternario. No se conoce con precisión la fecha de inicio de esta incisión aunque es, sin duda, posterior a la deposición la serie neógena; que debe situarse, atendiendo a la edad de las calizas arrecifales de Loma de Zamba, a finales del Plioceno.

Es evidente que el balance erosivo se mantiene prácticamente hasta la actualidad, con excepción del Valle del Yaque. Durante este periodo se generaron los relieves estructurales por erosión diferencial de la serie neógena, como es el caso del

grupo de plataformas estructurales de Loma de Zamba, entre las más significativas. A partir de este momento, la evolución del relieve ha estado presidida por el comportamiento de la red de drenaje, con fuertes encajamientos en la zona montañosa, pero muy moderados en la llanura por su pequeño desnivel con respecto al mar. En aquella, el encajamiento ha sido simultáneo con la argilización de los materiales volcánicos y sedimentarios, la arenización de los cuerpos intrusivos, el retroceso de las vertientes con desarrollo de coluvionamientos y de movimientos en masa, así como con cambios de orientación de la red por adaptación a fracturas y contrastes litológicos.

Durante el lapso de tiempo entre el inicio de la incisión y la actualidad pueden reconocerse diversas etapas generalizadas de acreción y erosión; un mínimo de dos principales, tal como demuestran los diferentes niveles de terrazas, glaciares y abanicos que pueden reconocerse. Estas características se pierden en el Valle del Yaque estricto, donde la llanura aluvial denota un proceso de acumulación de materiales que podría remontarse a inicios del pleistoceno y desarrollarse ampliamente durante el holoceno.

## 6. PROCESOS ACTIVOS SUSCEPTIBLES DE CONSTITUIR RIESGO GEOLÓGICO

---

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

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

### **6.1 Actividad sísmica**

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

en última instancia, la actividad sísmica; siendo éste uno de los procesos activos más relevantes que afectan el país. Actualmente existe un consenso en reconocer las principales estructuras tectónicas de la isla y el hecho de 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 parcos 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, como es el caso de China.

El registro instrumental también tiene graves inconvenientes. La Red Sísmica de la República Dominicana es extremadamente reciente (data de 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). Cabe señalar especialmente 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 cubierto ha sido 1505-2003. En la Hoja 1:100.000 de Mao se han localizado 3 epicentros. Evidentemente, debe considerarse este registro como poco representativo. Esta escasez de sismos no debe interpretarse de ningún modo como una falta de actividad sísmica, sino más bien como una carencia en el registro. Cabe señalar asimismo que debido a la pobre calidad del registro las localizaciones epicentrales deben tomarse como meras aproximaciones, ya que el

error de posición es de orden kilométrico. Los tres epicentros se sitúan sobre la llanura de inundación del río Yaque del Norte.

Si se considera el registro histórico, la práctica totalidad de la hoja queda incluida en la isosista de intensidad XI del terremoto del 7 de mayo 1842, que afectó a toda la isla. La mitad oriental de la hoja queda bajo el área de influencia de la isosista de intensidad VI del terremoto del 29 de diciembre 1897, mientras que la esquina nororiental muestra la isosista de intensidad IX del terremoto del 2 de diciembre 1562

## **6.2 Actividad neotectónica**

En una región donde la actividad neotectónica es evidente, sorprende que las formas originadas por ella sean menos de las esperadas. Probablemente esto es debido a la elevada velocidad de erosión y a la densa cubierta vegetal, factores que sin duda enmascaran rápidamente algunas de dichas formas, como los escarpes producidos por las fallas. Sin embargo, existen diversos indicios muy claros de actividad neotectónica en torno a las terrazas aluviales del río Mao, situadas al Sur de la presa de Monción. Los cortes ejecutados durante la ejecución de nuevas obras viarias o hidráulicas permiten observar fracturas que afectan a los depósitos de terraza.

En las proximidades del borde norte de la hoja afloran una serie de materiales con características de abanico aluvial a los que se ha atribuido una edad pleistocena y que están afectados por una fracturación relativamente densa, aunque con desplazamientos en principio poco importantes, con direcciones predominantes N40E, N80E y N30OE.

En las imágenes de satélite de la hoja de Mao se aprecia un lineamiento de dirección N45O, que no parece guardar relación con el resto de las fracturas de la región y parece afectar a materiales holocenos, estando probablemente en relación con movimientos asociados a la Falla Septentrional.

Estos indicios probarían la existencia de fallas activas y capaces en este sector. Se entiende por falla activa aquella que afecta a materiales holocenos o incluso cuaternarios, según diversos criterios (González de Vallejo, 1980). Los criterios más conservadores consideran activas aquellas fallas con actividad manifiesta en los últimos 2 millones de años. De forma similar al concepto de falla activa se utiliza el de falla capaz en el sentido de su capacidad de ser activa. Se entiende por falla capaz



aquella que presenta deformación de edad cuaternaria o sismicidad asociada, e incluso relación estructural con otra falla activa.

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

Alcanza su máximo desarrollo en la zona montañosa, pues su acción es de baja intensidad en la llanura aluvial del Yaque del Norte, 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.

### **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, lacustre, antrópica y, en general, con cualquier tipo de proceso generador de áreas deprimidas susceptibles de ser inundadas o recibir aportes sedimentarios.

Los procesos de inundación y sedimentación actúan de forma prácticamente permanente sobre los fondos de valle de los ríos y bajo un régimen torrencial en los numerosos arroyos y cañadas de la zona, así como en los mantos de arroyada. En el caso de las llanuras de inundación, las inundaciones se producen de forma más esporádica, pero afectando a áreas mayores. 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.

El Río Yaque del Norte merece una especial atención. La cuenca hidrográfica del río Yaque del Norte es la de mayor extensión (6.964 km<sup>2</sup>) en la República Dominicana y la segunda en el orden poblacional.

Su caudal máximo medio anual es de 389,87 m<sup>3</sup>/seg, y el promedio de caudales máximos anuales es de 695,5 m<sup>3</sup>/seg, 885,22 m<sup>3</sup>/seg, 951,42 m<sup>3</sup>/seg, 1175,09 m<sup>3</sup>/seg, y 1.429,4 m<sup>3</sup>/seg para periodos de retorno de 10, 20, 25, 50, y 100 años, respectivamente (PNORHI, 1994).

En la cuenca del río Yaque del Norte se han 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. Por citar un ejemplo, el 25% del casco urbano de la población de Mao está situado en una zona susceptible de sufrir estos procesos.

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, se 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.

## 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](http://www.eeri.org/lfe/pdf/dominican_republic_SismosRD-22-09-03actualiz-S-Mora.pdf)>
  
- **GONZALEZ DE VALLEJO (1980):** *Fallas activas y sus implicaciones en la ingeniería*. Bol. Soc. Geol. Perú. N° 65. Pp. 99-104.