

Aplicación de la cartografía de procesos activos a la Hoya de Enriquillo (Suroeste de la República Dominicana)

J. A. Díaz de Neira⁽¹⁾, A. Martín-Serrano⁽²⁾, F. Pérez Cerdán⁽³⁾ y J. Escuer⁽⁴⁾

(1) Geoprin. Avda. de Burgos 12. 28036 Madrid.
E-mail: adiaz@geoprin.es

(2) Instituto Geológico y Minero de España (IGME). La Calera, 1. 28760 Tres Cantos (Madrid).
E-mail: a.martinserrano@igme.es

(3) Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Ríos Rosas 23, 28003 Madrid.
E-mail: f.perez@igme.es

(4) Geoconsultores Técnicos y Ambientales S.L. Príncipe de Viana 11, principal 3°. 25004 Lleida.
E-mail: joan@geoconsultores.com

RESUMEN

La Hoya de Enriquillo es una depresión de origen tectónico situada al oeste de la bahía de Neiba, entre las sierras de Neiba y Bahoruco. A lo largo del Holoceno ha sufrido drásticos cambios fisiográficos, cuando el delta del río Yaque del Sur aisló parte de un corredor marino, transformándolo en el lago que alberga las altitudes menores de las Antillas hoy día. Actualmente, los procesos geodinámicos activos afectan de forma importante a la región, por lo que su localización posee un especial interés. Para su tratamiento se aplican un procedimiento cartográfico y una metodología especialmente diseñada para este tipo de eventos naturales que parten de la elaboración del Mapa Geomorfológico y es previa al estudio de los Riesgos Geológicos. En particular, se constata la potencial inundabilidad de toda la depresión, debido a la acción marina-litoral en el extremo oriental, a la dinámica fluvial en el ámbito del abanico aluvial de baja pendiente del Yaque del Sur y al carácter lacustre-endorreico en el resto de la Hoya de Enriquillo. Existen evidencias de actividad neotectónica, especialmente en los bordes de la depresión. Los procesos erosivos, de gravedad y aquellos otros asociados a litologías especiales, alcanzan gran intensidad en las sierras.

Palabras clave: geomorfología, Hoya de Enriquillo, inundación, La Española, procesos activos

Active processes application to Hoya de Enriquillo (Southwest of the Dominican Republic)

ABSTRACT

Hoya de Enriquillo region is a tectonic depression located in the western border of Neiba bay, between Neiba and Bahoruco mountain systems. It was modified strongly during Holocene times, when Yaque del Sur deposits isolated a marine corridor, transformed in the actual lake, which the minor elevation in the Antillas islands. Actually, Hoya de Enriquillo region is very affected by geodynamic active processes, which location has a special interest. A mapping procedure and a methodology for natural events has been specifically designed. It starts with the acquisition of geomorphologic maps, and latter the Geologic Risks study. Particular, it is proved the potential total inundability of the depression, due to marine-littoral action in eastern extreme, to fluvial dynamics in Yaque del Sur alluvial-fan and to lacustrine-endorreic in the rest. They exist neotectonic activity evidences, specially in the edges of the depression borders. The erosive processes, of gravity and those other related with special lithologies acquire great intensity in the mountain ranges.

Key words: active processes, flood, geomorphology, Hispaniola, Hoya de Enriquillo

Introducción

En la República Dominicana se manifiestan unas condiciones geodinámicas y climáticas particularmente favorables al desarrollo de ciertos procesos geológicos que desgraciada y frecuentemente son causa de

desastres naturales. La isla de La Española es especialmente sensible a riesgos relacionados con neotectónica, movimientos de ladera, erosión y, sobre todo, con inundaciones, por ser los de mayor incidencia social, ya que son los causantes de una gran parte de las pérdidas humanas y materiales en catástrofes rela-

cionadas con períodos de pluviosidad importante. En este sentido, el trabajo que aquí se presenta trata de mostrar la utilidad que en materia de prevención suponen los mapas de Procesos Activos. Se refiere a uno de los lugares más propensos a dichos desastres de toda la República Dominicana, una zona recién y repetidamente castigada por estos eventos: la Hoya de Enriquillo (De la Fuente, 1976).

Dicha Hoya y sus bordes montañosos gozan de condiciones privilegiadas para el estudio y la cartografía de procesos activos. La ausencia de cubiertas vegetales y de las típicas alteraciones lateríticas tropicales permite una mejor definición de las diversas formas del relieve. Por otro lado, la constante actividad geodinámica cuaternaria, unida a la velocidad y eficacia con que actúan los procesos erosivos y sedimentarios, convierten a esta región en un laboratorio

natural donde analizar la actual relación entre los procesos internos y externos como agentes constructores y destructores del relieve, con los consiguientes riesgos naturales que pueden llevar implícitos ambos tipos de procesos activos.

Aprovechando las características señaladas para la región en cuestión, el presente trabajo pretende proporcionar una primera aproximación a la metodología seguida en la elaboración de la cartografía de Procesos Activos. Para ello, se parte del conocimiento de la evolución geomorfológica de la zona durante el Holoceno, ilustrativa de la envergadura de los procesos geológicos recientes, y del catálogo de las formas reconocidas en el paisaje de la región, a fin de establecer cuales de ellas se relacionan con procesos vigentes en la actualidad, ya sean de origen interno o externo. El punto de arranque han sido los datos

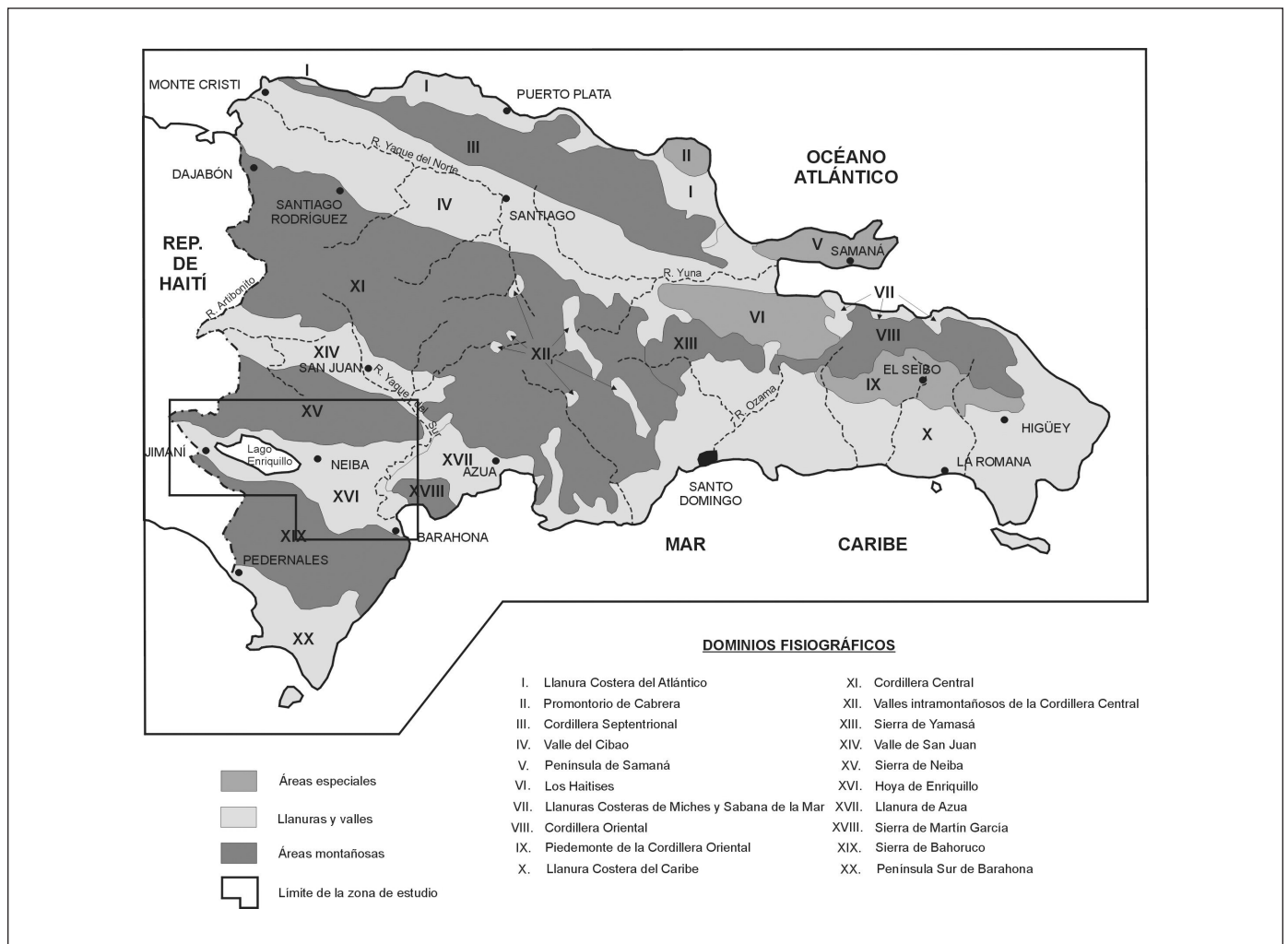


Figura 1. Dominios fisiográficos de la República Dominicana y localización de la zona de estudio (Modificado de De la Fuente, 1976)
 Figure 1. Physiographic zones of Dominican Republic and location of the study zone (De la Fuente, 1976, modified)

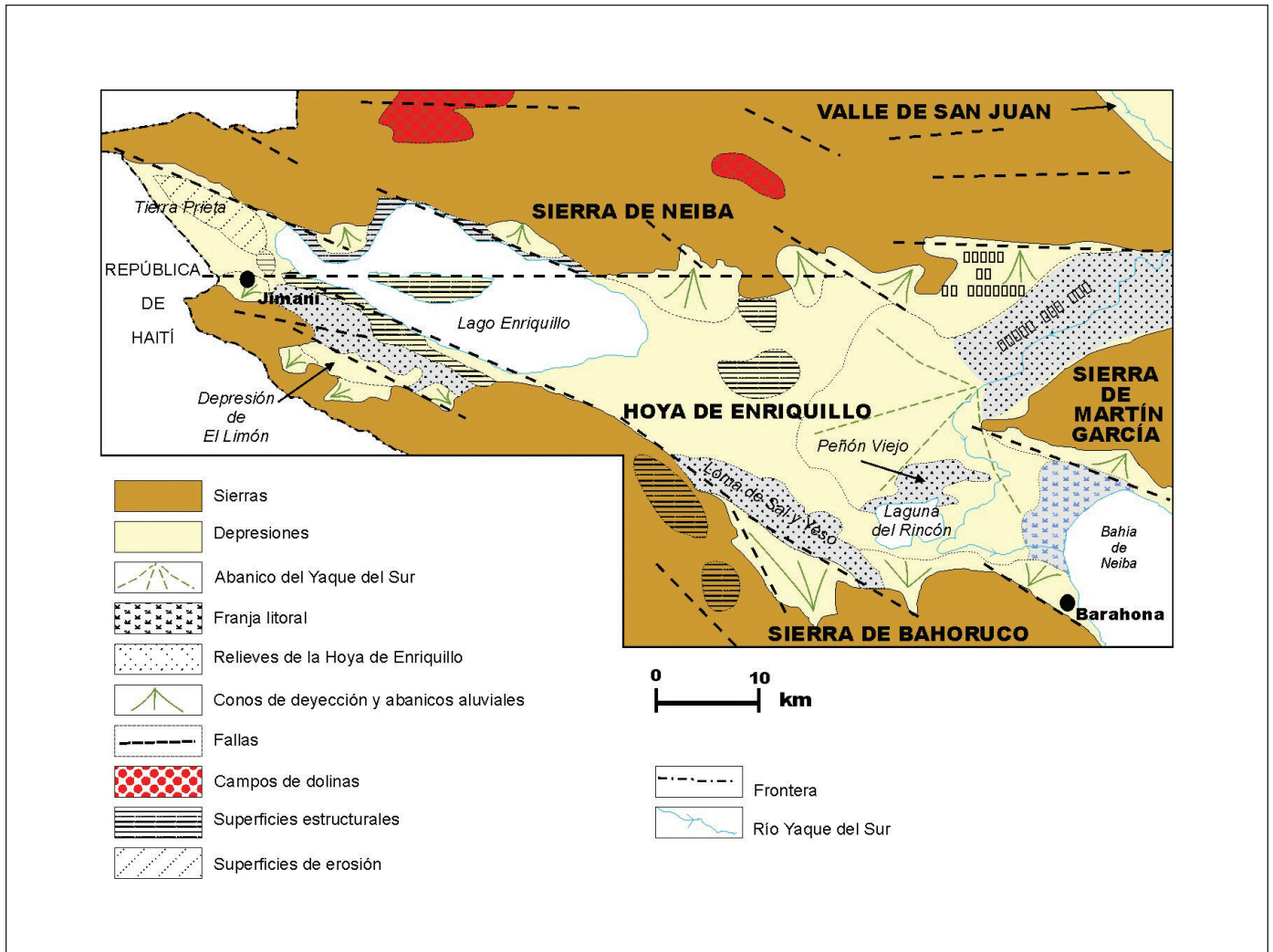


Figura 2. Principales dominios y elementos fisiográficos de la zona de estudio
 Figure 2. Main regions and physiographics elements of the study zone

recopilados con motivo de la elaboración de la Cartografía Geotemática de la República Dominicana (Programa SYSMIN. Proyecto L; Zona Suroeste) y, en particular, de las Hojas Geomorfológicas y de Procesos Activos a escala 1:100.000 de Jimaní (Escuer, 2004a) y Neiba (Escuer, 2004b), así como de la mitad septentrional de la de Barahona (Díaz de Neira, 2004a), siguiendo la metodología propuesta por el Instituto Geológico y Minero de España (Martín-Serrano *et al.*, 2003).

La zona de estudio se encuentra situada en el sector meridional de La Española, concretamente al noroeste de la bahía de Neiba, centrándose en el territorio dominicano de la Hoya de Enriquillo (Fig. 1). Al mismo tiempo se realiza igualmente el estudio de sus bordes montañosos: las sierras de Neiba, Martín

García y Bahoruco, ya que la actividad de las elevaciones que circundan la depresión ha condicionado decisivamente la evolución de ésta y sigue teniendo una incidencia directa en los procesos que acontecen en la actualidad.

Fisiografía

La Hoya de Enriquillo, también denominada valle de Enriquillo o valle de Neiba, constituye un dominio de fisonomía muy peculiar dentro de la región caribeña. Se trata de una espectacular planicie afectada por un clima semiárido debido al efecto de sombra que la Cordillera Central y la Sierra de Neiba ejercen sobre los frentes lluviosos procedentes del norte y noreste.

Con una orientación ONO-ESE conecta las bahías de Neiba y Puerto Príncipe, estando flanqueada por la Sierra de Bahoruco, al sur, y las de Neiba y Martín García, al norte.

Pese a su aspecto monótono, presenta varios sectores de características fisiográficas propias (Fig. 2). En su extremo oriental se encuentra la franja litoral de la bahía de Neiba, caracterizada por la presencia de un cordón de dunas paralelo a la línea de costa, a cuya espalda ha quedado prácticamente abandonada una llanura mareal. Hacia el interior pasa a un dominio afectado de forma variable por la dinámica del río Yaque del Sur, con áreas sometidas permanentemente a su influencia frente a otras que tan sólo sufren sus efectos ante los eventos catastróficos; aquí adquiere la planicie su mayor altitud, tan sólo 10 m sobre el nivel del mar. La uniformidad de la llanura se rompe ocasionalmente por la existencia de diversos relieves menores, destacando la alineación de la loma de Sal y Yeso, que con una disposición paralela a la Sierra de Bahoruco alcanza 256 m; entre ambos relieves, se emplaza la depresión de Angostura.

Pese a la escasez de lluvias, la práctica ausencia de contrastes altimétricos en la planicie favorece el desarrollo de encharcamientos efímeros y numerosas lagunas, entre las que cabe destacar las del Rincón y del Limón, esta última de carácter estacional. El principal elemento fisiográfico de la Hoya de Enriquillo es el lago que le da nombre, localizado en su sector central (sector occidental de la zona de estudio). Este lago, de salinidad cercana a la del mar, alberga las menores cotas de La Española y de todas Las Antillas, disponiéndose a una altitud variable en función del régimen pluviométrico, pero en cualquier caso inferior a 30 m bajo el nivel del mar; en su interior se encuentra la isla Cabritos, de más de 10 km de longitud máxima, que en períodos de sequía llega a conectar con tierra firme.

Los sistemas montañosos limítrofes se alcanzan de forma neta sobre la depresión; poseen un perfil general suave que esconde una profunda disección interna que les confiere un carácter muy abrupto. La Sierra de Neiba, situada al norte, posee una dirección E-O y supone la continuación de las Montañas Negras de Haití, alcanzando 2.279 m en el pico Neiba. En el valle del río Yaque del Sur, es relevada por la Sierra de Martín García, mucho menos extensa, que llega a 1.343 m en la loma del Curro pese a la proximidad del litoral, en el cual es interrumpida por acantilados que localmente superan los 300 m de altura. Al sur de la depresión se alza la Sierra de Bahoruco que, con una dirección ESE-ONO, constituye la continuación oriental de la Cordillera Meridional de Haití, alcanzando 2.367 m en la loma del Toro.

El extremo nororiental de la zona se encuentra incluido en el valle de San Juan, depresión que con orientación NO-SE supone la prolongación de la Llanura Central de Haití. Se encuentra flanqueado por la Cordillera Central (al noreste) y la Sierra de Neiba (al suroeste), mostrando una ligera inclinación hacia el sureste, sentido en el que discurre el río Yaque del Sur recogiendo la mayor parte de los drenajes de la región, hasta sufrir un brusco giro hacia el suroeste que le permite penetrar en la Hoya de Enriquillo.

El clima muestra un notable contraste entre la depresión y las sierras, con variaciones sustanciales con respecto al clima tropical típico. En el ámbito de la Hoya de Enriquillo las temperaturas medias se sitúan entre 26 y 29°C, con máximas medias de 29-34°C y mínimas de 21-24°C; en cuanto a la precipitación, se sitúa por debajo de 800 mm anuales e incluso en algunos lugares, de 400 mm. Estos valores varían sensiblemente en el ámbito montañoso, con un descenso de la temperatura media hasta 22°C y un aumento de las precipitaciones hasta aproximarse a los 2.000 mm anuales. Entre sus características tropicales, es frecuente la llegada de tormentas tropicales y huracanes, especialmente concentrada entre septiembre y octubre; también se aprecian variaciones estacionales ligeras, algo menos acusadas que las diarias.

La red de drenaje presenta importantes variaciones en cuanto a geometría y régimen hídrico. En las áreas montañosas está integrada por una serie de arroyos y cañadas intermitentes, con pocos cursos permanentes. Las sierras de Neiba y Bahoruco están afectadas por una intensa karstificación, siendo frecuentes los manantiales, las surgencias, los sumideros y diversas formas kársticas que confieren cierta aleatoriedad al funcionamiento hidrogeológico. En la depresión, los cursos son afectados por evaporación e infiltración, lo que hace que las pérdidas de drenaje sean casi una constante, exceptuándose el río Yaque del Sur, pese a la notable disminución de caudal que sufre en su tránsito por la Hoya, en buena medida por aprovechamientos agrícolas. La geometría de la red se articula en torno al Río Yaque del Sur y muestra un dispositivo marcadamente concéntrico con relación al lago Enriquillo en el sector occidental.

La región de la Hoya de Enriquillo está sometida a constantes acontecimientos naturales de tipo catastrófico, como son las frecuentes avenidas producidas en respuesta a las intensas tormentas desencadenadas en el sector montañoso y que alcanzan su máxima expresión en el caso de los ciclones y huracanes que azotan la isla; entre sus manifestaciones más recientes, cabe señalar el paso del huracán Georges

(1998) y la avenida de Jimaní (2004). Aunque menos frecuentes, no por ello deben olvidarse como factor destructivo los terremotos, que en época histórica han dejado su huella, y que en el sector litoral pueden ir acompañados de tsunamis.

Marco geológico

La fisiografía de la zona de estudio coincide plenamente con su estructura geológica, basada a grandes rasgos en la presencia de la cuenca de Enriquillo entre las sierras de Neiba, Martín García y Bahoruco, cabalgantes sobre ella; si bien, la estructura cabalgante original ha sido modificada por una importante red de desgarres de direcciones NO-SE y E-O, el más destacado de los cuales es la falla de Enriquillo-Plantain Garden (Fig. 3).

Las sierras de Neiba y Martín García, constituidas fundamentalmente por una potente serie de materiales carbonatados paleógenos y miocenos depositados en ambientes marinos de plataforma y llanura submarina, se estructuran como un antiforme de doble vergencia: hacia el sur en el sector meridional y hacia el norte en el septentrional, en este caso cabalgando sobre las cuencas de San Juan y Ázua, respectivamente (Mann *et al.*, 1991; Hernaiz Huerta *et al.*, 2007a y b). También la Sierra de Bahoruco se estructura como un amplio antiforme vergente hacia el NE, estando constituida por una potente serie carbonatada terciaria de ambientes marinos, dispuesta sobre un sustrato volcánico de fondo oceánico de edad cretácica.

A pesar de que la región parece haber estado sometida a una deformación prácticamente constante a lo largo del Cenozoico, fue durante el Mioceno

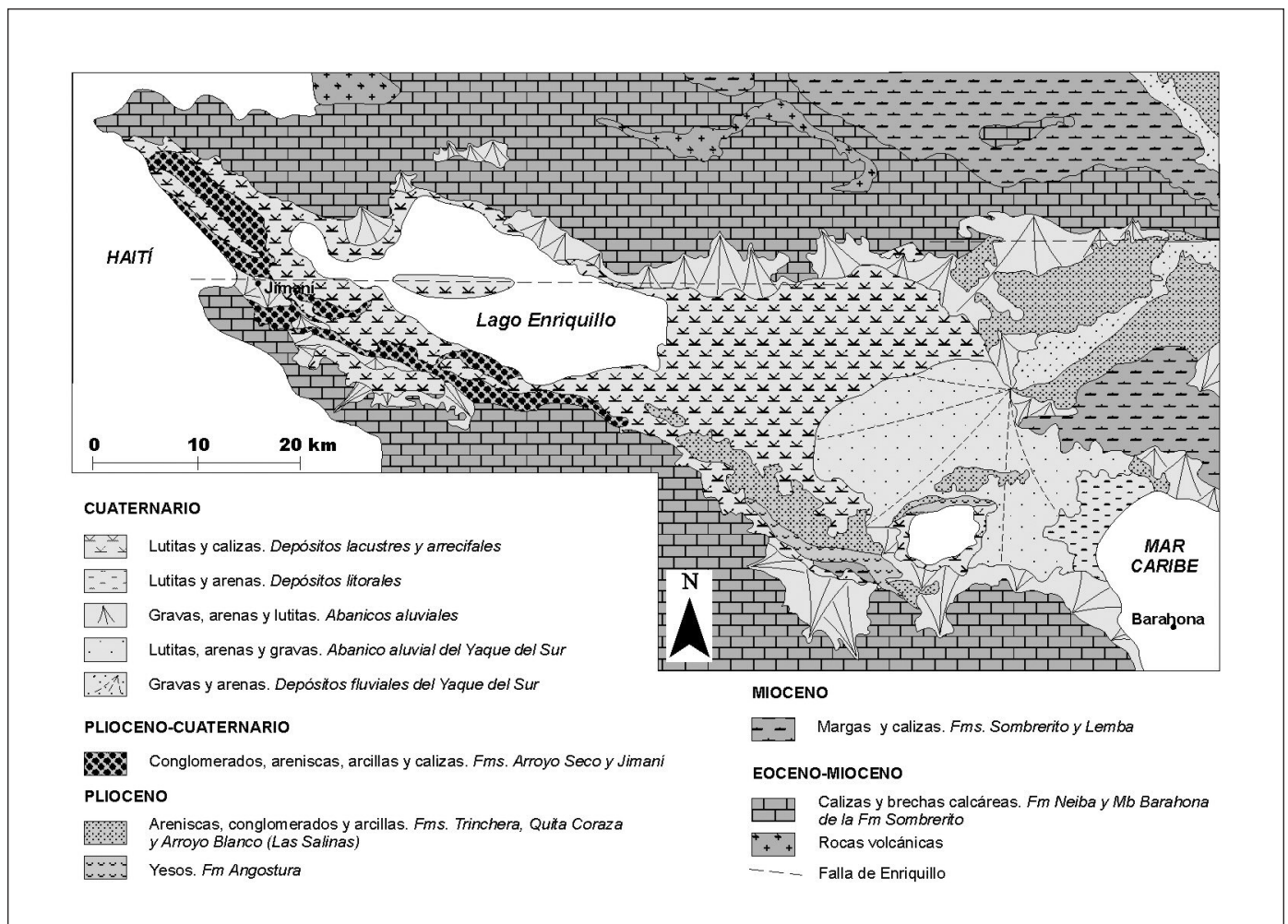


Figura 3. Esquema geológico de la Hoya de Enriquillo y dominios limítrofes
 Figure 3. Geological schema in Hoya de Enriquillo and surrounding domains

Superior cuando se produjo el diseño fundamental de la estructura actual. Durante dicho período, el levantamiento de la Cordillera Central y de las sierras de Neiba, Martín García y Bahoruco transformó la cuenca paleógeno-miocena, que abarcaría al menos el actual sector suroccidental de La Española, en el sistema de cuencas estrechas actualmente observables: San Juan, Enriquillo y Ázua; el relleno de éstas se llevó a cabo mediante potentes series eminentemente detríticas que evolucionarían desde ambientes marinos hasta un régimen continental. La deformación ha estructurado las cuencas a modo de sinclinales, ocultos en buena medida por los sedimentos cuaternarios más recientes.

La serie paleógena integra la potente sucesión de calizas tableadas y en bancos perteneciente a la Fm Neiba, entre las que se intercala en la Sierra de Neiba el Complejo volcánico de El Aguacate (Hernaiz Huerta, 2004). Sobre la Fm Neiba se dispone el conjunto margoso-calizo mioceno de la Fm Sombrerito, que en el sector occidental es sustituido en su práctica totalidad por una monótona sucesión de calizas, aflorante igualmente en la Sierra de Bahoruco, donde ha sido denominado Mb Barahona (Díaz de Neira, 2004b; Hernaiz Huerta et al., 2007a).

En cuanto al conjunto plio-cuaternario, aparece en torno a las sierras, generalmente separado de los materiales carbonatados de éstas por una densa red de desgarres. En el ámbito de las cuencas de San Juan y Ázua, sus términos inferiores corresponden al conjunto detrítico de afinidad marina de la Fm Trinchera (Mioceno Superior-Plioceno), sobre la que se depositaron sucesivamente las formaciones Quita Coraza, Arroyo Blanco y Arroyo Seco (Plioceno-Cuaternario), esta última bajo un régimen continental. En la cuenca de Enriquillo se aprecian variaciones, de forma que la serie aflorante está integrada por los niveles yesíferos de la Fm Angostura (Plioceno), depositados en un ambiente marino somero bajo condiciones evaporíticas; sobre ellos se dispone la potente serie detrítica de la Fm Arroyo Blanco (Fm Las Salinas) representante de un contexto transicional hacia la Fm Jimaní, conjunto heterogéneo con el que se produjo el paso al régimen continental señalado.

Características geomorfológicas

A pesar de que a gran escala la fisonomía actual de la Hoya de Enriquillo es el resultado de la estructuración geológica regional, la incidencia de procesos morfogenéticos externos marinos, fluviales y lacustres, ha contribuido especialmente a una drástica transformación del paisaje regional.

Condicionamiento litoestructural y tectónico

Desde una perspectiva meramente litoestructural, son destacables la superficie estructural horizontal que orla el lago Enriquillo, constituida por los restos del techo de un arrecife holoceno, de la que arrancaría el posterior encajamiento lacustre, y los resaltes asociados a los niveles más consistentes de las formaciones Sombrerito, Trinchera, Angostura, Arroyo Blanco y Jimaní, consistentes en líneas de capa monoclinales, *chevrons*, *hog backs* y crestas.

La tectónica está directamente implicada en el relieve de las sierras y, por tanto, en muchas de las formas asociadas a su estructura, especialmente las ligadas a las fallas. Las que tienen expresión morfológica, se agrupan en torno a dos familias principales: NO-SE y E-O. Las primeras condicionan la estructura de los macizos montañosos, por distorsión de la estructura primaria de plegamiento, en tanto que las segundas están prácticamente restringidas a la Sierra de Neiba, destacando la falla de Enriquillo (Fig. 3), que configura una buena parte de su límite meridional. Su tipología es variada, con fallas normales, inversas y desgarres, de envergadura decakilométrica en algunos casos. Abundan los rasgos asociados con la acción de fallas, denunciando su actividad reciente, como escarpes de falla degradados, frentes montañosos lineales y facetas triangulares de escarpe de falla (Fig. 4). La densa red de fracturación también se refleja a través del fuerte encajamiento de algunos tramos de la red fluvial, en sus bruscos cambios de pendiente y dirección, así como en la orientación de las depresiones kársticas.

Mucha menos trascendencia poseen las formas relacionadas con estructuras de plegamiento, habiéndose reconocido anticlinales conformes y, en menor medida, sinclinales.

Geomorfología fluvial

Las formas fluviales son las más extendidas, destacando las relaciones con el río Yaque del Sur, que a lo largo del valle de San Juan y a su paso entre las sierras de Neiba y Martín García, ha dejado diversos depósitos junto al canal actual. Así se observa como una amplia llanura de inundación con barras, numerosos cauces y meandros abandonados, además de diversos niveles de terraza de hasta +130 m sobre el cauce. Su entrada en la Hoya de Enriquillo ha dado lugar a un extenso abanico aluvial de baja pendiente (más de 15 km de longitud y anchura) que alcanza el borde meridional de la depresión, a través del cual el río divaga hasta alcanzar la bahía de Neiba (Fig. 2).

Los fondos de valle y de cañada torrencial son el principal reflejo de la actividad sedimentaria de la red fluvial actual, predominando las cañadas de dinámica torrencial fuertemente encajadas en la zona montañosa, que prácticamente desaparecen al alcanzar la depresión. Poseen una gran representación los conos de deyección y los abanicos aluviales dispuestos al pie de los sistemas montañosos, cuya longitud puede superar 6 km, con frecuentes dispositivos coalescentes. Menor entidad tienen los mantos de arroyada, que resuelven la escorrentía de algunos relieves integrados por materiales plio-cuaternarios.

Las formas erosivas predominan en la zona montañosa, destacando la incisión lineal, que ha dado lugar a barrancos, cañones y desfiladeros. Son más abundantes las aristas que las divisorias montañosas redondeadas. La notable erosión remontante ha dado lugar a capturas, al abandono de valles colgados y al retroceso de algunas divisorias montañosas, destacando la que separa la Hoya de Enriquillo del valle de San Juan, conservándose restos de su trazado antiguo. Por otra parte, las pérdidas de drenaje por infiltración son casi una constante entre los cursos que alcanzan la llanura.

Completan las formas fluviales erosivas los escarpes, la erosión lateral del cauce del Yaque y las cárcavas, asociadas principalmente a los afloramientos de las formaciones Trinchera y Arroyo Blanco.

Geomorfología marina-litoral

La actividad marina-litoral se manifiesta mediante una gran variedad de formas en la franja costera de la bahía de Neiba (Fig. 4), siendo la más característica el cordón litoral de 500 m de anchura paralelo a la línea de costa. Su morfología está definida por el desarrollo longitudinal de dunas, que alcanzan alturas de 5 m, a cuya espalda se reconocen los surcos de crecimiento; a lo largo del frente del cordón se ha desarrollado una estrecha playa de arena.

Al norte, un pequeño canal de marea conecta la bahía y la laguna La Sierra, en cuyo ámbito existen pequeñas lagunas desecadas. La influencia mareal en torno a la laguna ha permitido el desarrollo de una marisma baja, colonizada por un manglar, y de una marisma alta que se extiende varios kilómetros hacia el interior. Estos desarrollos mareales se producen a espaldas del cordón, gracias a los puntos donde existe conexión con el mar. El cordón y la tendencia ascendente de la región han causado el abandono de una llanura de mareas hacia el interior (marisma estéril). Tanto al norte como al sur del cordón se recono-

cen estrechas playas de cantos y terrazas marinas paralelas a la línea de costa, con una altitud en torno a 1-2 m.

Geomorfología lacustre y endorreica

Son muy abundantes en la depresión las formas relacionadas con la dinámica lacustre y endorreica, de dimensiones muy variables. Sobresale el lago Enriquillo, de geometría groseramente elipsoidal, cuyo eje mayor alcanza 40 km. En su contorno sobresale una superficie de origen arrecifal (Fig. 2) limitada por un pronunciado escarpe fósil. Parte del lago se encuentra rodeado por una estrecha playa cuya posición fluctúa junto con el nivel de aquél.

También destacan las lagunas del Limón, en Medio y del Rincón, entre una multitud de lagunas menores desecadas o estacionales, así como de áreas endorreicas y pantanosas. Al pie de las sierras de Neiba y Bahoruco aparecen ojos de agua generados mediante descargas subterráneas. Por último, tanto el lago Enriquillo como la laguna del Rincón reciben aportes de pequeños deltas.

Otras formas

Formas de gravedad

Aparecen en la zona montañosa, especialmente en la Sierra de Neiba, destacando los deslizamientos, con cicatrices rápidamente enmascaradas por las caídas de bloques y los coluviones.

Formas eólicas

Se desarrollan especialmente en la ribera occidental del lago Enriquillo, a modo de manto eólico de reducido espesor y morfología en continua evolución, que localmente incluye dunas de 3 m de altura.

Formas por meteorización química

Destacan las de origen kárstico, relacionadas con los materiales calcáreos de las sierras de Bahoruco y Neiba, que incluyen áreas con intensa karstificación, caracterizadas por el desarrollo de campos de lapiaz. Abundan los cañones, las dolinas, agrupadas en algunos casos en campos, las uvalas y los poljés, además de formas puntuales como cuevas, valles ciegos, sumideros y surgencias, distribuidos por la

Sierra de Neiba. En el domo de Canoa se han reconocido travertinos de reducidas dimensiones.

Junto a las formas kársticas hay que señalar las argilizaciones de tonos rojizos desarrolladas sobre las intercalaciones de rocas volcánicas en la serie carbonatada de la Sierra de Neiba.

Formas poligénicas

Las más relevantes son las superficies de erosión degradadas, buena parte de las cuales, de pequeña extensión, se reconocen en la Sierra de Bahoruco a cotas de 160-1.800 m; no obstante, la superficie más extensa y mejor conservada es la de Tierra Prieta, al oeste de la depresión, con cotas de unos 80 m.

Los escarpes poseen una mayor distribución, con desniveles que pueden alcanzar 700 m en el frente de la Sierra de Bahoruco e incluso sobrepasar 800 m en la Sierra de Neiba. Los relieves que pueden considerarse picos principales se localizan fundamentalmente en la divisoria entre el valle de San Juan y la Hoya de Enriquillo, destacando el pico Neiba, que con 2.279 m constituye la mayor elevación de la zona.

Formas volcánicas

Están representadas por los relieves del cerro Los Dos Hermanos, centro de emisión localizado en el valle de San Juan, cuya morfología cónica se eleva más de 300 m sobre la llanura del río Yaque del Sur.

Formas antrópicas

La actividad antrópica está relacionada con la modificación del paisaje debida a los usos del suelo para actividades agropecuarias, labores extractivas, construcción de redes de transporte y asentamientos urbanos. La principal modificación del sustrato está asociada con la cantera de la loma de Sal y Yeso; aunque mucho menos relevantes, cabe señalar las salinas existentes en las inmediaciones de la costa.

La evolución del relieve durante el Holoceno

El diseño regional básico sobre el que ha actuado el modelado cuaternario se perfiló a lo largo del Terciario, dentro del contexto transpresivo del sector suroccidental de La Española. Dicho diseño se basa en la presencia de las sierras de Neiba y Martín García entre el valle de San Juan y la Hoya de

Enriquillo, al sur de la cual se alza la Sierra de Bahoruco, con la Hoya configurada como un entrante marino. Bajo este dispositivo y en un contexto geotectónico ascendente, hace entre 5.000 y 2.800 años (Taylor *et al.*, 1985), tuvo lugar el acontecimiento fundamental de la evolución reciente, cuando el río Yaque del Sur, por razones aún no convenientemente aclaradas (actividad de la falla de Enriquillo, perturbaciones debidas a la indentación de la cresta de Beata en el ámbito de la bahía de Ocoa o captura por un elemento fluvial de la cuenca de Enriquillo, entre las causas posibles; Díaz de Neira 2004c), abandonó su curso bajo en la Llanura de Ázua, pasando a discurrir entre las sierras de Martín García y Neiba, mediante un brusco giro en torno a ésta (De la Fuente, 1976).

La entrada del Yaque del Sur en la Hoya de Enriquillo ocasionó la irrupción de su sistema deltaico, lo que provocó la desconexión entre la bahía de Neiba y el sector occidental del entrante, convertido desde entonces en el lago Enriquillo. El complejo arrecifal abandonado en la depresión, se configuró como una superficie estructural de la que arrancarían el encajamiento lacustre, incrementado de forma paulatina por razones climáticas. El retroceso marino hacia la bahía provocó la transformación del delta en un abanico aluvial de baja pendiente que junto con el lago han constituido los elementos principales de la dinámica reciente.

La rápida transformación regional expresada en los párrafos precedentes, resulta tremendamente ilustrativa, pues pone de manifiesto la celeridad con que han actuado los procesos geodinámicos durante la etapa geológica más cercana y, por tanto, la operatividad que se les debe presuponer en la actualidad.

Los procesos activos

Conceptos generales

Como consecuencia de la expansión demográfica, el conocimiento de la geología de superficie es cada vez más importante. El desarrollo reciente de la cartografía geomorfológica es la manifestación de ese hecho, y nadie cuestiona hoy su utilidad práctica. En todos aquellos problemas relacionados con la geología epidérmica, especialmente los ligados a los procesos geológicos más superficiales, los mapas geomorfológicos son imprescindibles pues pueden aportar soluciones a problemas planteados en agricultura, riego, erosión, obras públicas, urbanismo, medio ambiente, riesgos naturales, etc. Para que la eficacia de estas aplicaciones sea máxima es conveniente disponer de

una infraestructura cartográfica de esta naturaleza. La cartografía Geomorfológica proporciona una información organizada y precisa de las formas del terreno y de los procesos geodinámicos que con ellos se relacionan, por lo que para su elaboración, lo correcto es partir de un estudio disciplinar que tiene su base en el mapa geológico, incorporando de él todo aquello que hace referencia a la geología más superficial. Precisamente por el uso tan variado que pretende, el Mapa Geomorfológico necesita de un contenido muy general y completo, siendo esa la razón por la que el resultado final suele ser complejo para el usuario no experimentado en la materia. Como ocurre con otros mapas temáticos, necesita una traducción adecuada al tipo de aplicación.

La prevención de riesgos naturales, una de las preocupaciones más relevantes de todas las sociedades desarrolladas o en vías de desarrollo, puede ser abordada a través de un mapa temático específico para esta problemática que tiene su fuente en el Mapa Geomorfológico: el Mapa de Procesos Activos.

El término Procesos Activos hace alusión a aquellos fenómenos geológicos con funcionalidad actual y el mapa diseñado para su representación cartográfica tiene por tanto como objetivo fundamental, la localización de zonas o puntos de actividad geodinámica actual. Se trata de un inventario cartográfico específico y detallado de procesos geodinámicos funcionales cuya finalidad es su utilización infraestructural para los estudios y mapas de peligrosidad y/o riesgos, pues todos los fenómenos indicados en el Mapa de Procesos, bajo determinadas circunstancias, son susceptibles de constituir una amenaza.

Mientras que los elementos que se plasman en un mapa geomorfológico *sensu lato* son las formas creadas por un determinado proceso geodinámico, en este inventario son los propios procesos los que se representan. Como en la mayoría de los casos lo que es posible plasmar en el mapa son las formas creadas por los procesos y no los propios procesos, para ello se utiliza una simbología que incorpora gran parte de la utilizada en la cartografía geomorfológica propiamente dicha.

Los elementos que aparecen en el mapa regional (Fig. 5) son fruto de un estudio fotogeológico detallado y de un pormenorizado reconocimiento de campo. No obstante, se trata de un reconocimiento general que no profundiza en el estudio de cada fenómeno, pero que pretende servir de base para posteriores análisis, más detallados, rigurosos o específicos, en los que puedan entrar en consideración otro tipo de valoraciones no necesariamente geológicas (estudios y cartografías de peligrosidad,

riesgos, etc.). Los procesos representados en el mapa carecen de valoración, simplemente se determina su ocurrencia y localización.

El Mapa de Procesos Activos preparado específicamente para su aplicación en la República Dominicana (Martín-Serrano *et al.*, 2003), así como el diseñado para el territorio español (Martín-Serrano *et al.*, 2005) utilizan una simbología con la mayoría de sus elementos incorporados del Mapa Geomorfológico, agrupándolos en varios tipos específicos y utilizando un color distintivo para su representación gráfica. Dichas agrupaciones son parecidas, pero no totalmente coincidentes con las definidas para identificar los tipos de morfogénesis que constituyen el Mapa Geomorfológico propiamente dicho (Figs. 4 y 5). Son: Actividad sísmica; Neotectónica (negro); Actividad volcánica (rosa oscuro); Movimientos de ladera (marrón); Erosión (verde); Inundaciones y procesos de sedimentación (azul); Procesos asociados a determinadas litologías (rojo); y Procesos antrópicos (verde lima).

Los procesos activos de la Hoya de Enriquillo

La manifestación geodinámica actual de la región es relativamente variada pero se centra muy específicamente en: actividad sísmica y neotectónica, movimientos de ladera, erosión, inundación y sedimentación asociada y actividad relacionada con determinados tipos litológicos (Fig. 5).

Actividad sísmica

La sismicidad es uno de los procesos activos más relevantes de La Española, como consecuencia de su situación en un contexto geodinámico de límite entre las placas Norteamericana y del Caribe. Actualmente existe un consenso en el reconocimiento de las principales estructuras tectónicas de la isla y su relación con el desplazamiento relativo entre las placas litosféricas citadas. No obstante, aunque los rasgos generales son conocidos, el estudio de detalle de la actividad sísmica en la República Dominicana tropieza con una cierta escasez de datos. Los registros históricos e instrumentales son incompletos 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. Por lo que respecta al registro instrumental, también tiene graves

inconvenientes, pues la Red Sísmica de la República Dominicana fue establecida en 1998 durante los trabajos del Programa SYSMIN (Prointec, 1999) y sus registros, por tanto, muy parcos.

Los registros 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 suficiente grandes como para ser registradas por redes alejadas y los eventos de magnitudes pequeñas que han podido ser bien cubiertos por las redes sísmicas de 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 bases de datos de la Red Sísmica Nacional Dominicana (RSND), el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), la Red Sísmica de Puerto Rico (PRSN) y el Middle American Seismograph Consortium (MIDAS), además de las incluidas en el citado Programa SYSMIN, cubriendo en conjunto el período 1505-2003.

La zona de estudio es bastante ilustrativa sobre la precariedad informativa, ya que en los datos disponibles acerca de este territorio sólo aparecen seis eventos posteriores a 1960. Este problema de registro se evidencia nítidamente en el sector oriental de La Española cuando se proyectan los registros del PRSN (Red Sísmica de Puerto Rico), ya que la densa nube de epicentros que cubre el canal de la Mona y el extremo oriental de la República Dominicana desaparece de forma brusca por falta de cobertura de la red y no por la existencia de variaciones geológicas que justifiquen la desaparición.

Los sismos registrados poseen carácter somero (9-13 km), intermedio (35-38 km) y profundo (95-194 km) y en algunos casos parecen correlacionarse con estructuras reflejadas superficialmente, en particular la falla inversa que limita meridionalmente los cerros de Peñón Viejo y las fallas que marcan el borde de la Sierra de Bahoruco en el ámbito de Barahona y al sureste de Lemba.

Actividad neotectónica

Pese a que la totalidad del territorio dominicano se encuentra afectado por una intensa actividad neotectónica, la zona de estudio constituye una de las regiones donde esta actividad no es excesivamente patente, siéndolo en mayor medida en el sector occidental de la Sierra de Neiba. Entre sus principales evidencias se encuentran las facetas de escarpe de falla y los propios escarpes de falla, generalmente degradados, si bien en la mayoría de los casos las fallas no van

acompañadas de este tipo de formas. También los escalonamientos observados en algunas superficies e incluso en abanicos aluviales cuaternarios responden a la acción de fallas.

Son más marcadas las fallas normales y en dirección que las inversas, con predominio de las orientaciones NO-SE y E-O. De entre ellas destacan las que constituyen el límite entre las sierras y la Hoya de Enriquillo, confirmando su actividad el carácter rectilíneo de algunos de sus tramos. Junto a éstas, es preciso señalar la falla de Enriquillo-Plantain Garden, que con una orientación E-O y varios centenares de kilómetros de longitud, delimita parcialmente la Sierra de Neiba, además de producir la emersión de los depósitos arrecifales holocenos en la isla Cabritos, en disposición anticlinal (Mann *et al.*, 1984). Al mismo tiempo, la deformación en sedimentos aluviales recientes junto a Jimaní se relaciona con la actividad de esta falla, observándose un buzamiento moderadamente elevado de las capas conglomeráticas que dan lugar a un escarpe de 20 m de desnivel paralelo a ella.

Otros materiales recientes de la depresión están afectados también por pliegues, como se observa en la Fm Jimaní. La orientación de la depresión del Limón, paralela a las directrices estructurales de la Sierra de Bahoruco indica su origen tectónico, sugiriendo que el plegamiento continúa aún, por la inclinación de su superficie hacia la sierra.

También la red fluvial muestra indicios de actividad neotectónica, siendo los más perceptibles su incisión y pendiente anómalas por exceso, además de las capturas e inflexiones bruscas, rasgos especialmente frecuentes en las sierras de Neiba y Martín García (Fig. 5). En cualquier caso, la tendencia generalizada al levantamiento de la región se constata de forma nítida en la pista de playa Andina, con restos del arrecife holoceno emergidos varios metros junto al mar Caribe.

Actividad asociada a movimientos de laderas

Pese a las elevadas pendientes, en la Sierra de Bahoruco son escasos los depósitos de origen gravitacional debido a la fuerte cohesión de los materiales calcáreos del Mb Barahona y, probablemente, a su existencia efímera como consecuencia de su rápida destrucción por el retroceso de las vertientes; constituye una excepción el deslizamiento existente al sureste de Cachón, cuya cicatriz posee más de 6 km de longitud. Mucho mayor es la actividad de carácter gravitacional de la Sierra de Neiba, pues son frecuentes los deslizamientos y coluviones, observándose caídas de bloques puntuales. En el ámbito de la Hoya,

destacan las caídas de bloques de la cañada del Barraco y del paraje de Calero, así como la cicatriz del deslizamiento de la loma del Derrico.

Actividad asociada a procesos de erosión

La principal manifestación de los procesos erosivos viene dada por la incisión lineal asociada a la actividad de los distintos cursos, que en la mayor parte de los casos sufren pérdidas de drenaje al alcanzar la depresión. Obviamente, alcanzan su máximo desarrollo en la zona montañosa (loma de Juan Ciprián, sureste de Cachón), pero en las zonas bajas, donde predominan los procesos de inundación y sedimentación, también pueden aparecer acaravamientos (Los Ríos, Lemba) e incisiones; es el caso del Yaque del Sur al discurrir entre las sierras de Neiba y Martín García, donde su captura hacia la Hoya de Enriquillo, impulsó una enérgica incisión, con una densa red de arroyos, cañadas y extensas áreas acaravadas. Tanto en esa zona como aguas abajo, el propio Yaque del Sur contribuye a este tipo de actividad con el zapamiento lateral de su cauce divagante.

Actividad asociada a procesos de inundación y sedimentación

Es la actividad relacionada con una mayor variedad de procesos (Fig. 5), además de ser la que tiene una mayor incidencia sobre la población. Su origen está relacionado con la actividad fluvial, lacustre-endorreica, eólica y, en general, con cualquier tipo de proceso generador de áreas deprimidas susceptibles de ser inundadas o de recibir aportes sedimentarios.

Los procesos de inundación y sedimentación actúan de forma prácticamente permanente sobre los fondos de valle de los ríos, 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 y las barras asociadas a ellas, las inundaciones se producen de forma más esporádica, pero afectando a áreas de mayor amplitud; más frecuentes son las que se registran en algunos cauces y meandros abandonados, si bien se trata de áreas pequeñas. Pese a la amplia distribución de los procesos de inundación-sedimentación de origen fluvial, es en el río Yaque del Sur donde alcanzan una envergadura incomparable dentro de la región.

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, en relación directa con los eventos climáticos, tiene una ligazón tectónica en origen que es la que crea el marco de actuación. 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. Estos procesos adquieren un gran desarrollo en los principales valles intramontañosos, pero es al pie de las sierras donde alcanzan su máxima expresión.

Dentro del capítulo de inundaciones, merecen especial atención las avenidas, que suponen el riesgo natural más común del planeta y que tan trágicas consecuencias han tenido en fechas recientes en territorio dominicano y, especialmente, en el ámbito de la Hoya de Enriquillo, destacando los episodios del huracán Georges (septiembre de 1998) y de la avenida de Jimaní (mayo de 2004).

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 Belmonte, 2002).

Es evidente que las numerosas áreas pantanosas y depresiones de carácter endorreico que salpican la depresión se inundan con una cierta periodicidad (laguna del Limón) o permanentemente (laguna del Rincón); también existen extensas áreas afectadas por encharcamientos efímeros, aunque de menor envergadura que las anteriores. En relación con la dinámica lacustre y endorreica es preciso señalar las playas del sector oriental del lago Enriquillo, cuya ubicación varía en función de las oscilaciones del nivel del lago, y su delta del ámbito de Duvergé.

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 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 de la bahía de Neiba.

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

Pese a su reducida representación y escasa relevancia, es preciso señalar la existencia de procesos eólicos, especialmente activos en el sector occidental del lago Enriquillo, donde llegan a formarse pequeños campos de dunas (Fig. 5).

Las depresiones de origen kárstico de las sierras de Bahoruco y Neiba también son susceptibles de aparecer como áreas inundadas, en el caso de lluvias extraordinarias en las que la precipitación supera la capacidad de infiltración, hecho más frecuente en aquellas depresiones revestidas por un importante depósito de arcillas de decalcificación.

Actividad asociada a litologías especiales

Se desarrolla principalmente en relación con los procesos kársticos que afectan a las calizas del Mb Barahona y a las formaciones Neiba y Sombrerito en las áreas montañosas, quedando reflejada en extensos campos de lapiaces y depresiones individualizadas (dolinas, uvalas y poljés) o colectivas (campos de dolinas). Dada la envergadura de los procesos de disolución, es preciso tener en cuenta los procesos de colapso en las áreas karstificadas.

Conclusiones

Se constata la utilidad de este tipo de metodología cartográfica en la definición, localización y delimitación de áreas o espacios susceptibles de la actuación recurrente de los diversos procesos geodinámicos o sus efectos visibles (formas), al mismo tiempo que delimita el área de actuación preferente de cada uno de ellos. No obstante, la consideración del mismo como amenaza o riesgo tendrá que determinarse en estudios específicos posteriores con la consideración de factores ajenos a la propia geodinámica.

De todo lo anterior y de la observación de la cartografía se desprende la potencial inundabilidad de la práctica totalidad de la depresión entre la bahía de Neiba y el lago Enriquillo, excepción hecha de los relieves integrados por materiales plio-cuaternarios que salpican la planicie (cerros de Mena, loma de Sal

y Yeso, loma de Juan Ciprián, loma del Derrico). La potencialidad se basa en varios factores: la práctica horizontalidad del terreno, con las consiguientes deficiencias del drenaje; la incursión del río Yaque del Sur, que recoge la escorrentía de una buena parte del flanco suroccidental de la cordillera Central y del nor-oriental de la de Neiba, con el caudal que implica en los períodos de crecidas; la proximidad de la bahía de Neiba al sector más elevado de la planicie, a tan sólo 3 m sobre el nivel del mar (paraje de La Cangrejera), como puerta de entrada a la dinámica marina ante mareas excepcionales y, de consecuencias menos previsibles, ante maremotos; y por último, la llegada periódica de tormentas tropicales y huracanes, factor que multiplica las consecuencias de cualquiera de los anteriores.

La inundación y sedimentación del sector oriental se relaciona básicamente con la actividad de un foco emisor principal, aunque no exclusivo: el río Yaque del Sur. Su actividad se restringe en períodos ordinarios a su cauce, ampliándose a su llanura aluvial en períodos de crecidas y al ámbito de su abanico aluvial de baja pendiente ante la acción localizada de huracanes. Por el contrario, en el sector occidental, la inundación y sedimentación se articula básicamente en función del carácter endorreico de la cuenca del lago Enriquillo. Obviamente, hay que sumar la actividad de los conos y abanicos de los activos frentes montañosos de las sierras de Neiba y Bahoruco, relacionada con los episodios de lluvias más intensas.

La actividad neotectónica, tan generalizada en la región, queda localizada en determinadas franjas de actuación preferente relacionada con las fallas.

La indudable actividad sísmica tropieza hasta la fecha con la dificultad de un registro incompleto y una insuficiente red de cobertura.

Los fenómenos de erosión, los movimientos de ladera y la karstificación sólo son dignos de consideración en los márgenes montañosos de la Hoya. No hay que olvidar la incidencia, relativamente notoria, de los dos primeros, en las zonas bajas, puesto que son una fuente de aporte de sedimento muy importante a la red de drenaje; en cuanto a la karstificación, afecta a amplios sectores de las sierras de Neiba y Bahoruco. Aunque de carácter secundario en relación con las inundaciones antes aludidas y que afectan a las zonas más bajas, también aquí pueden llegar a tener una gran relevancia local.

Agradecimientos

Nuestro sincero agradecimiento a Andrés Pérez-Estaún, cuya energía y saber hacer han sido decisivos.

vos en la elaboración de este trabajo y del presente número. Este artículo forma parte de los resultados del Proyecto L de Cartografía Geotemática de la República Dominicana, financiado por la Unión Europea a través del Programa SYSMIN; agradecemos la eficacia en su supervisión a la Unidad Técnica de Gestión del Programa y de forma especial a su director Javier Montes, así como la colaboración prestada por la Dirección General de Minería de la República Dominicana. Agradecemos la labor de revisión de Ángela Suarez y un revisor anónimo. Por último, queremos expresar nuestra gratitud con Julio Vallejo por su colaboración en la parte gráfica.

Referencias

- Camarasa Belmonte, A.M. 2002. Crecidas e inundaciones. En F.J. Ayala-Carcedo y J. Olcina (coordinadores). *Riesgos naturales*. Ariel, Barcelona, 859-877.
- De la Fuente, S. 1976. *Geografía Dominicana*. Colegial Quisqueyana S.A., Instituto Americano del Libro y Santiago de la Fuente sj, Santo Domingo, 272 pp.
- Díaz de Neira, J.A. 2004a. *Mapa Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico de la Hoja a escala 1:100.000 de Barahona (5970-mitad septentrional) y Memoria correspondiente*. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Dirección General de Minería, Santo Domingo.
- Díaz de Neira, J.A. 2004b. *Mapa Geológico de la Hoja a escala 1:50.000 de Barahona (5970-I) y Memoria correspondiente*. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Dirección General de Minería, Santo Domingo.
- Díaz de Neira, J.A. 2004c. *Mapa Geológico de la Hoja a escala 1:50.000 de Villarpando (5971-I) y Memoria correspondiente*. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Dirección General de Minería, Santo Domingo.
- Escuer, J. 2004 a. *Mapa Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico de la Hoja a escala 1:100.000 de Jimaní (5871) y Memoria correspondiente*. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Dirección General de Minería, Santo Domingo.
- Escuer, J. 2004 g. *Mapa Geomorfológico y de Procesos Activos susceptibles de constituir Riesgo Geológico de la Hoja a escala 1:100.000 de Neiba (5971) y Memoria correspondiente*. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Dirección General de Minería, Santo Domingo.
- Hernaiz Huerta, P.P. 2004. *Mapa Geológico de la Hoja a escala 1:50.000 de Galván (5971-IV) y Memoria correspondiente*. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN, Proyecto L. Dirección General de Minería, Santo Domingo.
- Hernaiz Huerta P.P. Díaz de Neira J.A, García-Senz, J., Deschamps I., Lopera, E., Escuder Viruete, J., Ardévol Oró, Ll., Granados L., Calvo, J.P. y Pérez-Estaún, A. 2007 a. La estratigrafía de la Sierra de Neiba (República Dominicana). En: Pérez-Estaún, A., Hernaiz Huerta, P. P., Lopera, E. y Joubert, M. (Eds.), *La Geología de la República Dominicana*. *Boletín Geológico y Minero*, 118, 2, 313-336.
- Hernaiz Huerta, P.P. Díaz de Neira, J.A., García-Senz, J., Deschamps, I, Genna, A., Nicole, N., Lopera, E., Escuder Viruete, J., Ardévol Oró, Ll. y A. Pérez-Estaún, A. 2007 b. La estructura del suroeste de la República Dominicana: un ejemplo de deformación en régimen transpresivo. En: Pérez-Estaún, A., Hernaiz Huerta, P. P., Lopera, E. y Joubert, M. (Eds.), *La Geología de la República Dominicana*. *Boletín Geológico y Minero*, 118, 2, 337-358.
- Mann, P., McLaughlin, P.P. y Cooper, C. 1991. Geology of the Azua and Enriquillo basins, Dominican Republic; 2, Structure and tectonics. En: P. Mann, G. Draper y J.F. Lewis (Eds.). *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola*. Geological Society of America Special Paper, 262, 367-390.
- Mann, P., Taylor, F.W., Burke, K. y Kulstad, R. 1984. Subaerially exposed Holocene coral reef; Enriquillo Valley, Dominican Republic. *Geological Society of America Bulletin*, 95, 1.084-1.092.
- Martín-Serrano, A., Salazar, A., Nozal, F. y Suárez, A., 2003. *Mapa geomorfológico de España a escala 1:50.000. Guía para su elaboración*. IGME (Inédito).
- Martín-Serrano, A., Salazar, A., Nozal, F. y Suárez, A. 2005. *Mapa geomorfológico de España a escala 1:50.000. Guía para su elaboración*. IGME, 156 pp.
- Prointec 1999. *Prevención de Riesgos geológicos (Riesgo sísmico)*. Programa SYSMIN, Proyecto D. Dirección General de Minería, Santo Domingo.
- Taylor, F.W., Mann, P., Valastro, S. y Burke, K. 1985. Stratigraphy and radiocarbon chronology of a subaerially exposed Holocene coral reef, Dominican Republic. *Journal of Geology*, 93, 311-332.

Recibido: Diciembre 2006

Aceptado: Marzo 2007