
Cartografía geomorfológica

de la cuenca
del río Guacimal,
Costa Rica

Geomorphological cartography
of Guacimal River basin, Costa Rica

Adolfo Quesada-Román

Universidad Nacional de Costa Rica
Escuela de Ciencias Geográficas
adolfo.quesada@gmail.com
adolfo.quesada.roman@una.cr

Resumen

La cuenca del río Guacimal tiene una extensión de 181 km² y se localiza al NW de Costa Rica, entre las coordenadas 84,745° W – 10,016° N y 84,909° W – 10,325° N. Sobre este territorio, al igual que sucede en la mayor parte del país, son escasos los estudios geomorfológicos a detalle; es por ello que el objetivo de este escrito es presentar la cartografía geomorfológica a escala 1:25.000 del río Guacimal, la cual permite explicar la dinámica de los agentes involucrados responsables del modelado de la cuenca. La metodología de trabajo consistió en tres etapas: pre-mapeo, actividad de campo y post-mapeo, lo que dio como resultado un mapa en el cual están representadas diez formas de relieve ordenadas de acuerdo a su morfogénesis en endógenas modeladas y exógenas (fluviales, gravitacionales y litorales). Este documento será línea base para el ordenamiento territorial, tanto continental como costero y para la gestión del riesgo local.

Palabras clave: geomorfología; dinámica; morfogénesis; formas de relieve; cartografía.

Abstract

The Guacimal River Basin have an extension of 181 km², and is located in the NW of Costa Rica between the coordinates 84,745° W - 10,016° N and 84,909° W - 10,325° N. Geomorphological studies at detailed scales are scarce in the country, so the objective of this work is to present the geomorphological mapping at a scale of 1: 25,000 that explains the processes and forms that characterize the basin. The methodology was based on three phases: pre-mapping, fieldwork, and post-mapping that resulted in a cartographic and analytical product with ten landforms ordered according to their morphogenesis in modeled endogenous and exogenous (fluvial, gravitational and coastal), which will be the baseline for the local land and coastal use planning and the risk assessment.

Key words: geomorphology; dynamics; morphogenesis; landforms; cartography.

1. Introducción

La cartografía geomorfológica comprende un grupo de técnicas que permite la evaluación del terreno, que considera aspectos como las formas (morfología), los procesos y agentes formadores, así como los materiales que constituyen el relieve de la superficie de la Tierra. En general, los mapas geomorfológicos pueden ser identificados en tres tipos: el primero consiste en la elaboración de levantamientos regionales de base, para el ordenamiento territorial y la gestión de impacto ambiental a escalas 1:25.000 o superiores. El segundo son mapas generales de gestión de geoamenazas o recursos naturales a escalas entre 1:10.000 y 1:50.000. El tercer tipo se asocia con la cartografía geomorfológica con un objetivo específico para delinear y categorizar formas de relieve particulares (Griffits, 2004). Los mapas geomorfológicos deben contener todos los elementos básicos de representación (morfografía, morfometría, génesis y edad del relieve) y pueden ser clasificados temáticamente como morfoestructurales, morfométricos, morfográficos, morfogenéticos, morfocronológicos, y morfodinámicos (Lugo, 1988; Peña-Monné, 1997).

Los avances de la cartografía geomorfológica anterior a la década de los años 2000 realmente no eran muy novedosos, debido a que los mapas a detalle consumían mucho tiempo, además de ser actividades costosas, y que el enfoque se centraba en temas o aplicaciones específicas en vez de ser mapas holísticos y científicos (Gustavsson *et al.*, 2006). Por otro lado, en los últimos años se nota un creciente número de investigaciones que involucran bases de datos espacio-temporales, tecnología asociada con los SIG y los modelados de varios aspectos de

los sistemas geomorfológicos, para resolver problemas conceptuales y prácticos como el modelado de amenazas naturales, así como de la evolución de los paisajes, relaciones de formas, procesos y patrones geomórficos, y cartografía geomorfológica digital (Bishop *et al.*, 2012; Bishop, 2013).

En muchos países del mundo y Latinoamérica existen mapas geomorfológicos desde escalas nacionales (a pequeña escala a 1:1.000.000), regionales (escalas medias tales como 1:200.000) e incluso a escalas a detalle o gran escala (1:25.000 o superiores), de acuerdo a la cartografía base de cada país (Peña-Monné, 1997). En el caso de Costa Rica existen mapas para todo el país a escalas pequeñas 1:1.000.000 (Bergoeing y Brenes, 1978), medianas al 1:350.000 y 1:100.000 (Bergoeing *et al.*, 1982a; Bergoeing *et al.*, 2010a y 2010b), y pocos a gran escala 1:50.000 (Bergoeing y Malavassi, 1981; Bergoeing *et al.*, 1982b). Sin embargo, no existe una cartografía geomorfológica a escala 1:50.000 para todo el país (cartografía base), además de muy pocos mapas a escalas 1:25.000 o superiores. Esta ausencia de cartografía geomorfológica a detalle para Costa Rica, crea la necesidad de generar nuevos mapas que integren las variables de génesis, procesos formadores, morfologías, evolución y edad del relieve, a escalas que puedan ser útiles como instrumentos para el ordenamiento territorial y la gestión de los riesgos.

Costa Rica es un país influenciado tanto por los agentes endógenos como exógenos; mientras los primeros están regidos por la tectónica y el vulcanismo, los segundos lo están por la radiación solar, la gravedad, los eventos hidrometeorológicos y el ser humano (Quesada-Román, 2016). Dadas estas con-

diciones tectónicas, geológicas, geomorfológicas, climatológicas e incluso ecológicas, el país se considera una unidad político-administrativa con una intensa geodinámica tanto interna como externa, que modela su relieve de manera constante mediante procesos naturales que podrían llegar a ser peligrosos para la población. En la actualidad, ante la ausencia de un ordenamiento territorial efectivo en el país, deben sumarse factores como el crecimiento del porcentaje de población urbana vs rural, así como la presión urbanística que esto genera, el cambio en el uso y el sobreuso de la tierra, la demanda de servicios e infraestructura pública y privada, la vulnerabilidad hídrica con la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, así como el desarrollo de anillos de pobreza y tugurios (Alfaro y Pérez-Briceño, 2014; Quesada-Román, 2015). Prácticamente el 90% de las incidencias y registros de desastres en las últimas cuatro décadas para Costa Rica están asociados con inundaciones y deslizamientos (Quesada-Román, 2015; LA RED, 2016).

Por ello, la necesidad de desarrollar estudios geomorfológicos a detalle, para los estudios de línea base para las viabilidades ambientales requeridas para otorgar los avales para los planes reguladores cantonales (municipales), como insumo necesario en el proceso de ordenamiento territorial a escala local en el país (Quesada-Román, 2015). Por otra parte, es imperativo el uso de geomorfología a detalle para determinar las áreas susceptibles a inundaciones y deslizamientos, ya que favorece la gestión del riesgo a partir de modelos de susceptibilidad y probabilidad de ocurrencia de procesos peligrosos. El objetivo de este trabajo fue realizar la cartografía geomorfológica

a escala 1:25.000 de la cuenca del río Guacimal, la cual se acompaña de un análisis de las características físico-geográficas que explican su dinámica morfológica, y de cada una de las formas del relieve cartografiadas a partir de su morfogénesis tectónica, gravitacional y fluvial.

2. Caracterización físico-geográfica

La cuenca del río Guacimal es una unidad territorial compleja en un espacio geográfico reducido, con una extensión de 181 km², localizada al NW de Costa Rica, entre las coordenadas 84,745° W - 10,016° N y 84,909° W - 10,325° N. Este territorio presenta diversos tipos de litología, además de condiciones tectónicas, geomorfológicas, hidrográficas, edáficas, y de cambios en el uso de la tierra en una intensa dinámica que modelan este relieve de múltiples maneras, dadas las características tropicales de transición climática y ecológica entre el Pacífico Central y Norte de Costa Rica. Esta cuenca se localiza en la vertiente pacífica, específicamente en el cantón Puntarenas, siendo sus tres afluentes principales los ríos San Luis, Veracruz y Acapulco, formando así el río Guacimal que desemboca en el golfo de Nicoya (**Figura 1**).

La dinámica endógena y exógena de la cuenca Guacimal se explica a partir de un análisis físico-geográfico de las variables que la componen, y la particularizan como una región con un modelado constante de sus morfologías, en la cual intervienen procesos que podrían ser peligrosos para la población. Las características estudiadas fueron geología, precipitación, suelos, vegetación y usos del suelo. En este sentido,

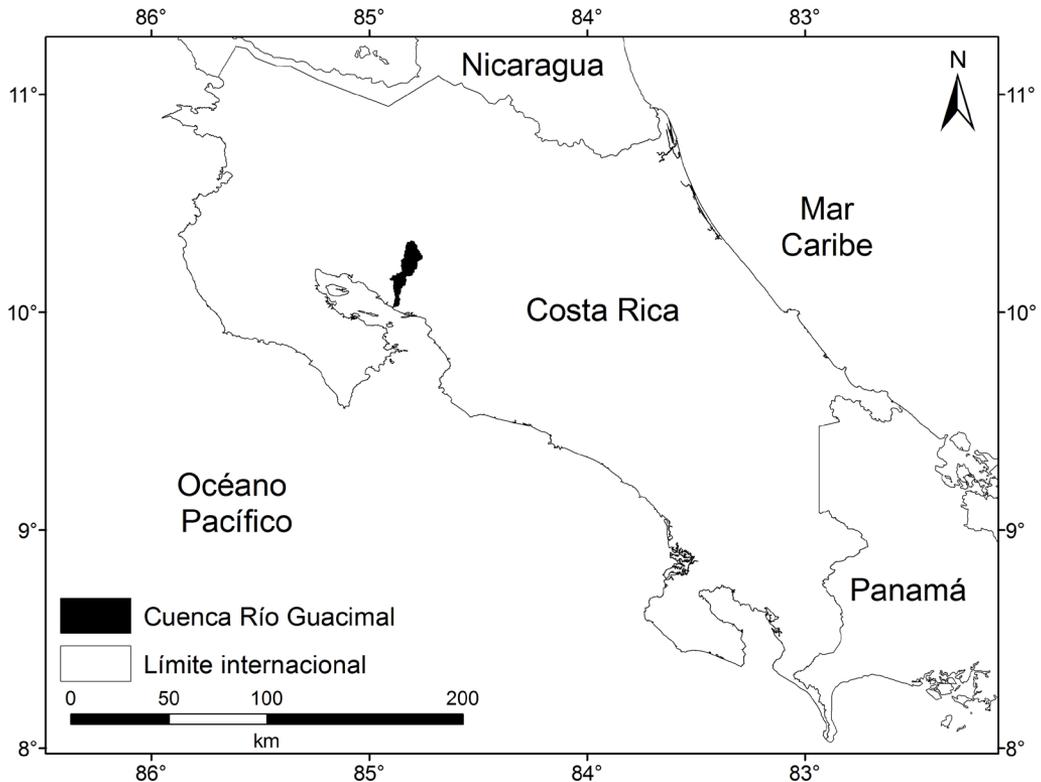


Figura 1. Localización en el contexto regional de la cuenca del río Guacimal

la geología del área de estudio se compone de varias formaciones, litodemos y grupos geológicos, que han sido estudiados por la Dirección de Geología y Minas (DGM) en conjunto con el Servicio Geológico Checo (Chinchilla-Ramos, 2013; mapa geológico a escala 1:400.000 de Denyer y Alvarado, 2007). Las formaciones que componen la cuenca son Monteverde, Grupo Aguacate, Punta Carballo, Descartes, San Buenaventura, Bagaces y Depósitos fluviales del Cuaternario (Žáček *et al.*, 2012).

La formación Monteverde de edad del Pleistoceno inferior, se localiza principalmente en altitudes superiores a 1.000 msnm; se corresponde con las partes altas de la cordillera de Tilarán y se compone de

lavas frescas andesíticas hasta andesito-basálticas no alteradas; en menor cantidad hay rocas piroclásticas (brechas y tobas) y depósitos de lahares (Žáček *et al.*, 2012). La formación Granito-Gabro Guacimal del Mioceno-Plioceno, se ubica al noroeste de la zona de estudio y aflora como un cuerpo intrusivo de granitos, monzodioritas cuarcíferas y gabros (Kusssmaul, 1987). El Grupo Aguacate, de edad Mioceno - Plioceno, es parte del antiguo arco volcánico compuesto principalmente por lavas basálticas hasta basalto-andesíticas, rocas piroclásticas, brechas y sedimentos vulcanoclásticos subordinados; su origen es eminentemente volcánico, tanto extrusivo como intrusivo, relacionados a zonas de fallas o intrusiones

que dan origen a una alteración hidrotermal de carácter regional (Kussmaul, 2000; Žáček *et al.*, 2012). Los depósitos de sedimentos fluviales del Holoceno corresponden a la parte de transición marina-costera, con formaciones de depositación durante períodos recientes; se componen principalmente de depósitos fluviales, arenas, gravas y bloques, en los que predomina un régimen de sedimentación alimentado por material proveniente del sistema fluvial (Kussmaul, 2000).

De acuerdo con la clasificación climática de Costa Rica de Solano y Villalobos (2001), la cuenca del río Guacimal pertenece a la Región Tropical del Pacífico; una parte del área de esta cuenca corresponde a la Subregión Central del Pacífico Norte (SCPN), y otra coincide con la Subregión Occidental de la Península de Nicoya (SOPN). La primera porción tiene un total anual de precipitación de hasta 1.800 mm, mientras que la segunda alcanza los 2.385 mm, por lo que contribuyen a que exista una exuberante vegetación, sobre todo en la SOPN.

La distribución de los suelos se explica a partir del material parental que les dio origen, básicamente un vulcanismo del Mioceno que ha desarrollado profundas cortezas de intemperismo que contienen ultisoles, prácticamente en toda la cuenca. En las áreas de mayor altitud se logran observar pequeños sectores en los que predominan los ultisoles, mientras que los entisoles están vinculados con la actividad fluvial y el rejuvenecimiento del material parental. Por su parte, los inceptisoles se encuentran en la cuenca baja y en el poblado de San Marcos; aquí los procesos de meteorización tienen una intensidad moderada (Mata y Sandoval, 2013).

La vegetación se determina a través de la clasificación de zonas de vida de Holdrid-

ge, quien se fundamentó en variables como la altitud, temperatura y humedad. En la parte alta y media de la cuenca se desarrollaron los bosques pluvial montano bajo, muy húmedo montano bajo, muy húmedo premontano, húmedo premontano y húmedo tropical. En la parte baja se encuentran los bosques húmedo tropical transición a seco y húmedo premontano transición basal (Bolaños *et al.*, 2005). En la cuenca baja, cerca de la desembocadura del río Guacimal, se encuentra el bosque de manglar en la transición entre la parte continental y el golfo de Nicoya. Dicho bosque está compuesto por cinco especies de manglar: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Rhizophora racemosa* y *Avicenia germinans*), mangle piñuela (*Pelliciera rhizophorae*), y el mangle mariquita o *Laguncularia racemosa* (Zamora, 2006; Cortés & Wehrtmann, 2009).

Los usos del suelo de la cuenca son variados y se desarrollan de acuerdo a su altitud, geomorfología, tipos de suelo y condiciones climáticas (Chinchilla-Ramos, 2013). Los usos predominantes de la cuenca son los bosques secundarios y pastos. Por otro lado, otros usos como el bosque primario, el cultivo de arroz, el café, la caña de azúcar, las plantaciones forestales, el charral y taccotal, los humedales y las áreas urbanas, se encuentran dispersos y en pequeñas extensiones. También se desarrolla la ganadería y camaronicultura.

3. Metodología

El desarrollo de la cartografía geomorfológica de la cuenca del río Guacimal se basó en tres fases: pre-mapeo, trabajo de campo y post-mapeo (Otto & Smith, 2013). Con la fase de pre-mapeo se identificó la región de

interés y el propósito del mapa. Se obtuvo la información de sensores remotos (para este trabajo se contó con la imagen satelital *Quick Bird* 2013, escala 1:5.000), así como la información geológica (Denyer y Alvarado, 2007; Žáček *et al.*, 2010a,b,c; Žáček *et al.*, 2012) y edafológica (Mata y Sandoval, 2013).

Como primer paso fueron digitalizados todos los ríos y afluentes de la cuenca, con el fin de tener un mejor conocimiento de las características erosivas/acumulativas de la zona de estudio. Se preparó una leyenda inicial basada en una clasificación morfogenética (Lugo, 1988), que separa las formas de relieve según su origen en endógeno, endógeno modelado y exógeno; a partir de esta leyenda se realizó el mapa geomorfológico preliminar. Posteriormente, se digitalizaron las formas de relieve a partir de una interpretación de las imágenes aéreas (p.e. fotografías aéreas o imágenes satelitales), para este caso la imagen satelital *QuickBird* (2013). Del análisis subsecuente resultó el mapa geomorfológico inicial y corroborado en campo.

En una siguiente etapa se diseñó una base de datos geoespacial con todas las variables ordenadas en un programa de sistemas de información geográfica (ríos digitalizados, geología, formas de relieve, poblados, caminos, y otros), y se construyó un mapa de trabajo de campo preliminar a una escala apropiada (1:25.000). Luego se realizó una ficha de trabajo de campo con información relevante de cada geoforma: pendiente, cobertura, procesos dominantes, tipo de suelo y actividades antrópicas que podrían estar modificando la dinámica local. También se solicitaron todos los permisos del caso, accesos a los lugares de interés

geomorfológico y se realizó el levantamiento geomorfológico.

Durante la fase de trabajo de campo se delimitaron las rutas a ser utilizadas en los tiempos y distancias coherentes con el plan de trabajo. Se hizo uso de un dispositivo de navegación satelital para marcar las rutas y puntos de interés. Se completaron las fichas elaboradas en la fase previa, en las que además se anotaron los números consecutivos de las fotografías tomadas para cada punto de interés. Se optimizó el trabajo de campo de manera de incluir un amplio número de formas de relieve, especialmente las que generaron dudas en la cartografía preliminar.

La fase de post-mapeo contempló la descarga de la información del navegador satelital y el procesamiento en la base de datos preexistente. Se compararon los datos de campo con los resultados preliminares que arrojaron los análisis de la información de los sensores remotos (fotografías aéreas e imágenes satelitales). Por otro lado, se integraron las fotografías que contienen las formas, procesos y dinámica corroborada en campo, además de manera paralela se inició una descripción de cada una de las formas de relieve, a partir de la clasificación morfogenética realizada en la primera leyenda preliminar, como ayuda al análisis de la zona de estudio. Por último, se editó y publicó el mapa geomorfológico final, acompañado de una leyenda contentiva de colores de acuerdo a su génesis, dinámica, morfología, evolución y edad (Gustavsson *et al.*, 2006). La escala de salida, dada la extensión de la cuenca y por motivos de espacio en este escrito, para el producto final fue a 1:200.000.

4. Resultados y discusión

La geomorfología se explica a partir de la clasificación morfogenética de las formas de relieve que la conforman, cuyo origen puede ser ‘endógeno’, ‘endógeno modelado’ y ‘exógeno’ (Lugo, 1988). Las de origen endógeno se desarrollan a partir de la dinámica interna de la Tierra y su representación en superficie de procesos tectónicos y volcánicos que guardan sus morfologías originales. El carácter endógeno modelado se vincula con geoformas que han sido modificadas por agentes exógenos y que aún guardan algunas características del relieve endógeno original. Por otro lado, las formas de relieve de origen exógeno son las que han sido modeladas en su totalidad por los agentes exógenos: agua, hielo, fuerzas del mar, viento, disolución de rocas carbonatadas y gravedad.

La morfogenética de la cuenca del río Guacimal agrupa relieves de origen endógeno, modelado que derivan de un vulcanismo configurado por procesos fluviales y de remoción en masa del Mioceno, así como geoformas tectónicas modificadas por la dinámica gravitacional y fluvial. Por otro lado, con un desarrollo aún más amplio en su extensión, las morfologías de origen exógeno han sido generadas por una dinámica fluvial, producto de un patrón de precipitaciones tropicales que rondan o incluso superan los 2.000 mm anuales, además de condiciones cambiantes de temperatura a lo largo del día que favorecen los procesos de meteorización física y química, formando amplias cortezas de intemperismo (perfiles de meteorización). Además de las condiciones climatológicas regionales de la cuenca, se suman características particulares de pendientes, sustratos meteorizados y la

presencia de estructuras disyuntivas (entre ellas: fallas, fracturas y diaclasas), las cuales favorecen el desarrollo de procesos de remoción en masa que modelan las laderas de la cuenca alta y media. El inventario de formas de relieve realizado explica cada una de las morfologías a partir de su origen endógeno modelado y exógeno, lo cual facilitó el análisis de las características particulares de génesis, morfología, dinámica, evolución y edad del relieve que conforma la cuenca (Figura 2).

4.1 Relieve endógeno modelado

Son morfologías heredadas por dinámicas volcánicas o generadas por la tectónica regional que luego han sido modeladas por agentes exógenos y se componen de tres geoformas: laderas de montaña de origen volcánico modeladas por la acción fluvial con bosques, laderas de montaña de origen volcánico configuradas por los procesos de ladera con pastos, y lomeríos tectónicos modelados por la acción fluvial y gravitacional.

Las laderas modeladas por la acción fluvial con bosques, se localizan en la zona de montaña; tienen un origen volcánico que data del Mioceno y conforman las regiones con mayores pendientes y altitudes de la zona de estudio (Figura 3a). Estas laderas son cóncavas y rectas con una alta densidad de bosques que le confieren cierta estabilidad aparente sobre suelos muy meteorizados a partir de ese material ígneo (Figura 3b). La precipitación de las regiones asociadas con estas morfologías superan con facilidad los 2.500 mm anuales, lo que explica sus morfologías de cañones y valles en V bien desarrollados, producto de la erosión y su alternancia con procesos de ladera esporádicos como desprendimientos

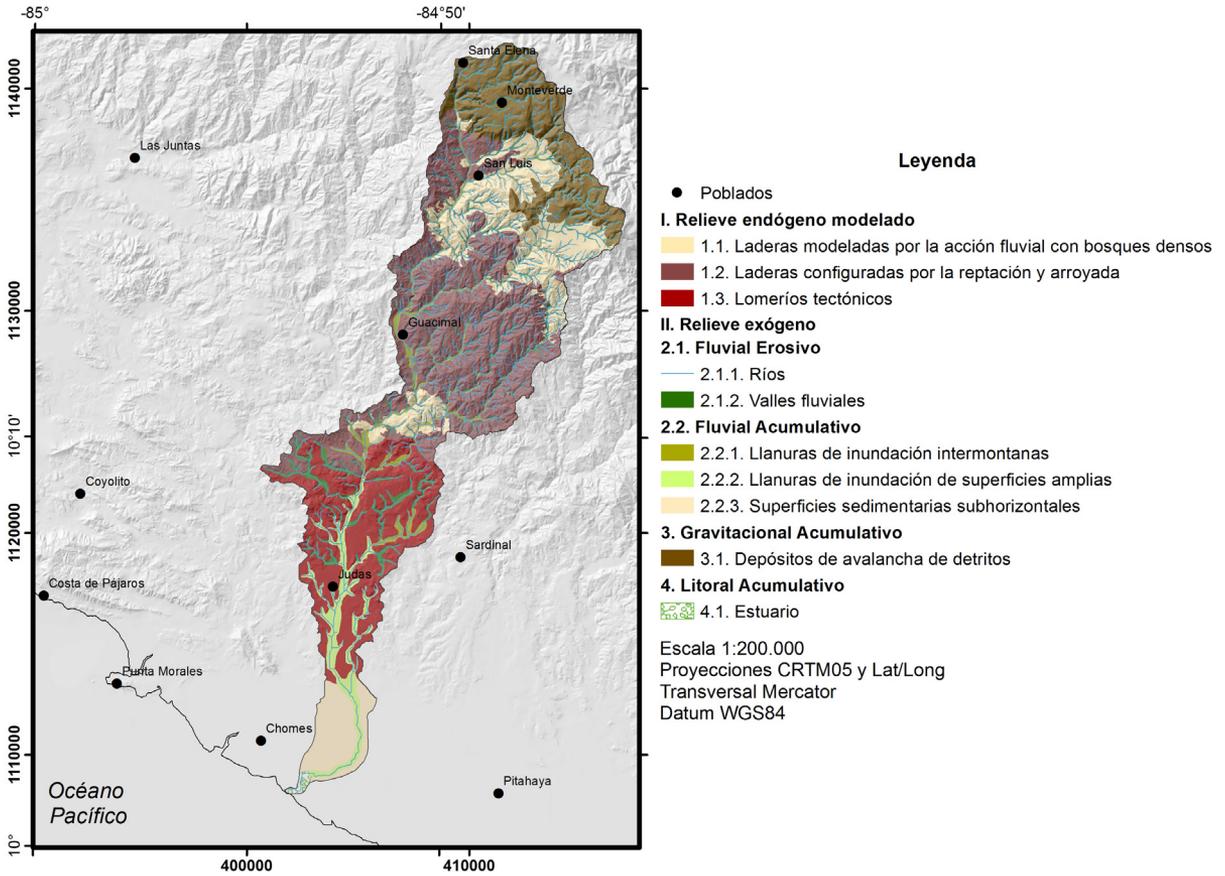


Figura 2. Geomorfología de la cuenca del río Guacimal

y deslizamientos ocurridos durante los períodos de lluvia extraordinaria o al efecto de la sismicidad local y regional. La densidad, así como la profundidad de la disección, es alta, resultado de la presencia de estructuras disyuntivas como fallas y fracturas, pendiente y la evolución geomorfológica continua, a partir de antiguos conos volcánicos reducidos a su etapa relictas, incluso se pueden observar cuellos volcánicos en la cuenca media.

Las laderas configuradas por reptación y arroyada se presentan en la zona de montaña de la cuenca alta; dichas morfologías se caracterizan por tener amplios valles en V,

pendientes de más de 45°, un material edáfico muy alterado, producto de la meteorización que sufren los materiales aportados por los constantes movimientos de ladera, en especial la reptación y la arroyada, debido a una escorrentía superficial y subsuperficial intensa (Figura 3c). Estas condiciones de vulnerabilidad de las laderas se explican por los cambios de uso del suelo de bosques a pastos y agricultura, especialmente durante los últimos cien años. El proceso usual de degradación de dichas formas de relieve se inicia por la generación de arroyada que erosiona las capas superficiales del suelo que, en su estadio más avanzado, provoca



Figura 3. Relieves endógenos modelados: **a)** vista panorámica desde la parte alta de la cuenca; **b)** laderas modeladas por acción fluvial con bosques en la Reserva Biológica Monteverde; **c)** laderas configuradas por reptación y arroyada; **d)** lomeríos tectónicos

reptación; posteriormente se crean surcos, que de progresar su crecimiento, podrían desarrollar cárcavas o incluso *badlands*. Es importante recalcar que estas zonas son las que presentan el mayor número de procesos de ladera como los desprendimientos (caídas) o deslizamientos que, constantemente, pueden afectar la red vial, acueductos, red eléctrica y telefónica de la cuenca.

Los lomeríos tectónicos son un conjunto de colinas que no superan los 300 m de relieve relativo, localizados en la cuenca media del río Guacimal, los cuales son mo-

delados por la acción fluvial y gravitacional (**Figura 3d**). Su ubicación y origen se debe a materiales sedimentarios del Mioceno y Plio-Pleistoceno que han sido deformados por la acción de una falla transcurrente dextral (Denyer y Alvarado, 2007), que genera una serie de *shutter ridges* o domos de compresión, producto de la tensión/presión que genera un bloque respecto al otro en su movimiento relativo. Estas morfologías marcan la transición entre la cuenca alta y baja, ya que al no aparecer abanicos aluviales ni un piedemonte desarrollado, lo que describe la

cuenca media son estos lomeríos tectónicos, los cuales poseen pendientes suavizadas, con laderas cóncavas las que, en algunos de los casos, tienen superficies semiplanas en sus cumbres. En la actualidad, vastas extensiones de estas formas de relieve son utilizadas para ganadería extensiva (pastos), y en menor proporción, para la protección de los bosques, lo que favorece que estas geofor- mas sufran de procesos de reptación y, en algunos casos, otros tipos de movimientos en masa como desprendimientos.

4.2 Relieve exógeno

Los relieves exógenos presentes son los fluviales, gravitacionales y litorales. Los primeros concentran valles fluviales, llanuras de inundación y superficies sedimentarias subhorizontales; por su parte, los relieves gravitacionales concentran un amplio sector de una avalancha de detritos y otros tipos de movimientos en masa particulares como deslizamientos, desprendimientos y flujos, y los relieves litorales únicamente constan de la transición tierra-mar definida por un estuario.

Los relieves fluviales se componen de las morfologías que se deben en su mayoría a los procesos erosivos y aquellas en las que la sedimentación domina su dinámica. Los relieves fluviales erosivos se componen de ríos y valles fluviales (en V); los primeros se localizan en toda la cuenca del río Guacimal y tienden a tener patrones o arquitecturas de drenaje muy distintas, dependiendo de las condiciones tectónicas, litológicas y de pendiente. En la zona de montaña dominan los patrones de drenaje dendrítico y subdendrítico, especialmente cerca de los poblados de Monteverde, Santa Elena, San Luis y Guacimal. En la transición hacia las

zonas medias y bajas se presentan drenes rectangulares asociados con los lomeríos tectónicos asociados también a las diaclasas y fallas que ejercen control estructural. En las llanuras de inundación y superficies sedimentarias subhorizontales, dominan las formas de acumulación con patrones paralelos, trenzados y meándricos, estos últimos en las cercanías a la desembocadura con morfología de estuario en el golfo de Nicoya. Por su parte, los valles fluviales se localizan en la zona de montaña y en las cabeceras fluviales de los lomeríos tectónicos, tanto en la zona alta de montaña como en la parte media, respetando los patrones de drenaje dibujados por los ríos a partir de su control tectónico, estructural y modelado exógeno.

Los relieves fluviales acumulativos están representados de las llanuras de inundación (intermontanas y de superficies amplias) y las superficies sedimentarias subhorizontales. Las llanuras de inundación intermontanas marcan un cambio de pendiente importante entre los valles fluviales y laderas de montaña, lo que indica un proceso de deposición predominante en pendientes menores de 15° , a partir del poblado de Guacimal en la cuenca media-alta; su desarrollo se asocia con las laderas modeladas por la reptación y arroyada, lo que se vincula con un ingente aporte de sedimentos propios de la erosión de dichas morfologías adyacentes. Por su parte, las llanuras de inundación de superficies amplias (**Figura 4a**) definen pendientes inferiores a 2° , en las que se presentan, en temporalidades tanto estacionales como extraordinarias, procesos de anegamiento que podrían incluso afectar las actividades humanas en las orillas de los cuerpos de agua; es importante tener en cuenta que estas morfologías se inician

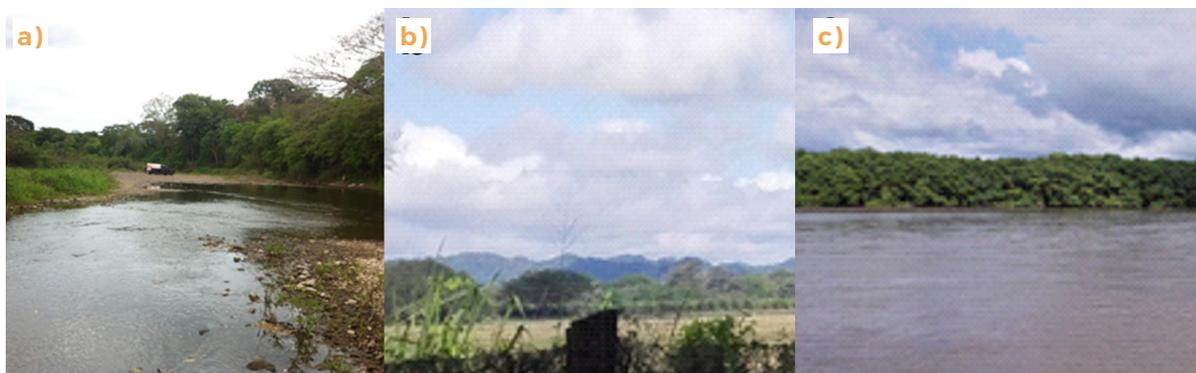


Figura 4. Relieves exógenos: **a)** llanuras de inundación de superficies amplias; **b)** superficies sedimentarias subhorizontales; **c)** estuario: desembocadura del río Guacimal en el golfo de Nicoya, aportando agua dulce al Manglar de Chomes

cuando el cambio de inclinación del terreno desciende considerablemente y el ancho de las planicies aluviales aumenta; su ubicación abarca comunidades como Judas de Chomes y se extiende hasta el estuario y playa Coco. Las superficies sedimentarias subhorizontales (**Figura 4b**) son morfologías con pendientes menores a 2° que definen grandes planicies aluviales y marcan la parte más deprimida de la cuenca del río Guacimal; en ellas es común el desarrollo del cultivo de caña de azúcar, piña y pastos, aprovechando la fertilidad de estos suelos aluviales ricos en nutrientes.

El relieve gravitacional consiste básicamente de un segmento de los depósitos de una avalancha de detritos antigua, asociada con andesitas y lahares de la formación Monteverde, que a su vez dibuja sus márgenes cerca de las comunidades de Santa Elena, Monteverde y alrededores de la Reserva Biológica de Monteverde. Son relieves suavizados por el emplazamiento de material mal clasificado, que originalmente fueron sedimentos que variaron desde las arenas hasta los megabloques angulosos, los

cuales han sido altamente meteorizados por las fuertes precipitaciones y los cambios de temperatura de la región, lo que ha favorecido el desarrollo de profundas cortezas de intemperismo (perfiles de meteorización), y suelos que albergan una alta diversidad ecológica y poseen una ligera estabilidad aparente de sus laderas.

En el relieve litoral únicamente resalta el desarrollo de un estuario (**Figura 4c**), morfología que dibuja la transición tierra-mar, en la que se alterna la dinámica fluvial, mareal y del oleaje. Esta geoforma tiene características edáficas particulares, con suelos constantemente anegados en condiciones anóxicas, cubiertos por vegetación manglarica de una alta biodiversidad, que además cumplen con importantes servicios ecosistémicos y funcionales como sumideros de carbono y barreras ante tormentas que pueden afectar las costas.

5. Conclusiones

Se desarrolló una cartografía geomorfológica con diez formas de relieve clasificadas como relieve endógeno modelado y exógeno (fluvial, gravitacional y litoral). Este mapa a escala 1:25.000 es un instrumento que facilita la comprensión de las geoformas que conforman una cuenca que marca una intensa transición entre zonas montañosas, en las que domina el modelado fluvio-gravitacional hacia una cuenca media con predominancia de los efectos tectónicos de un sistema de fallas transcurrentes que modelan lomeríos que funcionan como la transición entre la parte alta y baja de la cuenca; por otro lado, la zona baja se dibuja a partir del desarrollo de amplias llanuras de inundación, superficies sedimentarias subhorizontales y el estuario que marcan el límite con el golfo de Nicoya así como el océano Pacífico. La comprensión de la geomorfología de la cuenca del río Guacimal no sólo requiere de una descripción de las formas de relieve que la caracteriza, sino que necesita también la explicación de su dinámica a partir de su morfogénesis, las arquitecturas así como de sus morfologías resultantes y cómo ha sido su evolución a lo largo del tiempo, especificado en sus edades relativas.

La ausencia de mapas geomorfológicos a escalas a detalle tales como 1:25.000 o superiores en Costa Rica, hacen de este estudio un novedoso aporte para el entendimiento de las formas de relieve de cuencas hidrográficas, con una rápida transición e intensa dinámica entre sus zonas de montaña y sus desembocaduras. Además, la escasez de car-

tografía geomorfológica a detalle, aumenta el rezago en temáticas fundamentales como el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo en un país con severos problemas en la planificación de su territorio y afectado, de manera constante, por terremotos, erupciones volcánicas, fenómenos hidrometeorológicos como tormentas tropicales (ciclones tropicales y sistemas de baja presión), frentes fríos, ondas del este y la Zona de Convergencia Intertropical, que pueden generar desastres que impacten de manera directa o indirecta, pero con alta intensidad a la población. Por otro lado, el conocimiento de las formas y procesos del relieve también tiene un valor agregado para la regulación del territorio, explicación de los ecosistemas y la gran biodiversidad de uno de los destinos turísticos más importantes del país como lo es la zona de Monteverde y Santa Elena.

6. Agradecimientos

A los estudiantes del grupo de Geomorfología del primer semestre de 2016 de la Escuela de Ciencias Geográficas de la UNA, quienes realizaron diversos trabajos prácticos tanto en campo como en gabinete, con la información generada para este trabajo. A Paula Marcela Pérez-Briceño por las fotografías del estuario y el manglar así como la lectura de este documento. Además, agradezco a Daniel García Soriano por la revisión del manuscrito. También se agradece a los revisores de este manuscrito que mejoraron en gran medida el resultado final del mismo.

7. Referencias citadas

- ALFARO E. J. y P. M. PÉREZ-BRICEÑO. 2014. “Análisis del impacto de fenómenos meteorológicos en Costa Rica, América Central, originados en los mares circundantes”. *Revista de Climatología*, 14: 1-11.
- BERGOEING J. P. y L. G. BRENES. 1978. *Mapa geomorfológico de Costa Rica 1:1.000.000*. Instituto Geográfico Nacional. Costa Rica.
- BERGOEING, J. P. y E. MALAVASSI. 1981. *Carta geomorfológica del Valle Central. Escala 1:50.000*. (9 hojas más texto). Instituto Geográfico Nacional. Costa Rica.
- BERGOEING, J. P.; BRENES, L. G. y E. MALAVASSI. 1982a. *Geomorfología del Pacífico Norte de Costa Rica. Escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Nacional. Costa Rica.
- BERGOEING, J. P.; BRENES, L. G. y E. MALAVASSI. 1982b. *Geomorfología de la hoja Barranca. Escala 1:50.000*. Instituto Geográfico Nacional. Costa Rica.
- BERGOEING, J. P.; BRENES, L. G. y D. SALAS. 2010a. *Atlas geomorfológico de Costa Rica. Escala 1:350.000*. Editorial Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). San José, Costa Rica.
- BERGOEING, J. P.; ARCE, R.; BRENES, L. G. y R. PROTTI. 2010b. *Atlas geomorfológico del Caribe de Costa Rica. Escala 1:100.000*. Editorial SIEDIN, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- BISHOP, M. P. 2013. Remote Sensing and GIScience in Geomorphology: Introduction and Overview. En: J. F. SHRODER (ed.). *Treatise on Geomorphology* [Volume 3: Remote Sensing and GIScience in Geomorphology (M. P. Bishop, ed.)]. Elsevier and Academic Press. USA.
- BISHOP, M.; JAMES, A.; SHRODER, J. & S. J. WALSH. 2012. “Geospatial technologies and digital geomorphological mapping: Concepts, issues and research”. *Geomorphology*, 137: 5-26.
- BOLAÑOS, R.; WATSON, V. y J. TOSI. 2005. *Mapa ecológico de Costa Rica (Zonas de Vida), según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge*, Escala 1:750.000. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
- CHINCHILLA-RAMOS, R. 2013. *Determinación del uso de la tierra y la fragmentación boscosa en el Corredor Biológico Pájaro Campana: promoviendo estrategias de conservación y manejo integral*. Escuela de Geografía, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Tesis de Licenciatura.
- CORTÉS, J. & I. WEHRTMANN. 2009. “Diversity of marine habitats of the Caribbean and Pacific of Costa Rica”. En: J. CORTÉS & I. WEHRTMANN. *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America*. pp. 1-45 ((Primera, Vol. 86). Springer Netherlands. Berlín, Alemania.

- DENYER, P. y G. E. ALVARADO. 2007. *Mapa geológico de Costa Rica. Escala 1:400.000*. Librería Francesa. San José, Costa Rica.
- GRIFFITS, J. 2004. "Geomorphological mapping". En: A. GOUDIE ed., *Encyclopedia of Geomorphology*. Routledge, Taylor & Francis Group. England.
- GUSTAVSSON, M.; KOLSTRUP, E. & A. C. SEIJMONSBERGEN. 2006. "A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development". *Geomorphology*, 77: 90-111.
- KUSSMAUL, S. 1987. "Petrología de las rocas intrusivas neógenas de Costa Rica". *Revista Geológica de América Central*, 7: 83-111.
- KUSSMAUL, S. 2000. "Estratigrafía de las rocas ígneas. En: P. DENYER y S. KUSSMAUL (Eds.). *Geología de Costa Rica*. pp. 63-86. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- RED DE ESTUDIOS SOCIALES EN PREVENCIÓN DE DESASTRES EN AMÉRICA LATINA (LA RED). 2016. *DesInventar: Sistema de inventario de efectos de desastres de Costa Rica entre 1970 y 2015*. Ciudad de Panamá, Panamá.
- LUGO, J. 1988. *Elementos de Geomorfología Aplicada (Métodos cartográficos)*. Instituto de Geografía, UNAM. Ciudad de México, México.
- OTTO, J. C. & M. J. SMITH. 2013. "Geomorphological mapping". En: L. CLARKE & J. NIELD (Eds.). *Geomorphological Techniques*. (Chap. 2, Sec. 6). British Society for Geomorphology. London, UK.
- MATA, R. y D. SANDOVAL. 2013. *Mapa digital de suelos de Costa Rica. Escala 1:200.000*. Laboratorio de Recursos Naturales. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José Costa Rica.
- PEÑA-MONNÉ, J. L. 1997. *Cartografía Geomorfológica: Básica y Aplicada*. Geoforma Ediciones. Logroño, España.

- QUESADA-ROMÁN, A. 2015. “Implicaciones en la gestión del riesgo de desastres y ambiente en el Valle Central en los últimos treinta años (1985-2015)”. En: *Vigesimoprimer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. Consejo Nacional de Rectores.
- QUESADA-ROMÁN, A. 2016. *Peligros geomorfológicos: inundaciones y procesos de ladera en la cuenca alta del río General, Pérez Zeledón, Costa Rica*. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Maestría.
- SOLANO, J. y R. VILLALOBOS, R. 2001. “Aspectos Fisiográficos aplicados a un bosquejo de Regionalización Geográfico-Climático de Costa Rica”. *Tópicos de Meteorología y Oceanografía*, 8: 26-39.
- ŽÁČEK, V.; VOREL, T.; KYCL, P. y S. HUAPAYA, S. 2010a. *Mapa geológico 1:50.000, Hoja 3246-II Miramar*. Proyección Transversal de Mercator. Servicio Geológico Checo, Praga.
- ŽÁČEK, V.; VOREL, T.; KYCL, P. y S. HUAPAYA. 2010b. *Mapa geológico 1:50.000, Hoja 3246-III Chapernal*. Proyección Transversal de Mercator. Servicio Geológico Checo, Praga.
- ŽÁČEK, V.; VOREL, T.; KYCL, P. y S. HUAPAYA. 2010c. *Mapa geológico 1:50.000, Hoja 3246-IV Juntas*. Proyección Transversal de Mercator. Servicio Geológico Checo, Praga.
- ŽÁČEK, V.; VOREL, T.; KYCL, P.; HUAPAYA, S.; MIXA, P.; GRYGAR, R.; HAVLÍČEK, P.; ČECH, S.; HRAZDÍRA, P.; METELKA, V.; ŠEVČÍK, J. y Z. PÉCSKAY. 2012. “Geología y estratigrafía de la hoja 3246-II Miramar, Costa Rica”. *Revista Geológica de América Central*, 47: 7-54.
- ZAMORA, P. 2006. “Manglares”. En: V. NIELSEN MUÑOZ, M. QUESADA ALPÍZAR (Eds.). *Informe Técnico: Ambientes Marino Costeros de Costa Rica* (Capítulo III). San José, Costa Rica.

Fecha y lugar de finalización del artículo:
enero, 2017; San Vito de Coto Brus,
Costa Rica