

GEOMORFOLOGÍA SOCIALIZADA A TRAVÉS DE LA FOTOGRAFÍA TRADICIONAL

<https://doi.org/10.4215/rm2020.e19009>

Víctor Ml. Cortés Granados ^{a*}

(a) Dr. en Sistemas de Producción Agrícola Tropical Sostenible, Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8053-9126>. **LATTES:**

<https://www.geografia.fcs.ucr.ac.cr/index.php/quienes-somos/recurso-humano/victor-cortes>.

Article history:

Received 12 December, 2019

Accepted 26 March, 2020

Publisher 15 April, 2020

(*) CORRESPONDING AUTHOR

Address: Geography School. Faculty of Social Sciences. San Pedro de Montes de Oca. San Jose, Costa Rica. Cel:(506) 2511-6402

E-mail: geopedologia02@gmail.com

Resumen

Este estudio se localiza en el valle de Orosi-Ujarrás, en el que habitan más de 15000 personas. Esta área presenta una gran fragilidad geomorfológica, por lo que este trabajo se fundamenta en la selección de sectores representativos de dicha problemática, para mostrar mediante la fotografía del paisaje, una serie de croquis geomorfológicos dibujando sobre ella, las formas del modelado actuales más evidentes y extensos; complementados con la interpretación de los procesos y materiales relacionados a cada forma identificada. Este trabajo, se presenta como alternativa de estudio geomorfológico, que ayude de una manera simplificada a educar a la población ante amenazas geomorfológicas, con la observación directa en el terreno, pues son fotografías que ellos mismos pueden tomar y comentar con otros miembros de su comunidad y con la organización comunal, ante la complejidad de poder leer y comprender un mapa geomorfológico.

Palabras-clave: Geomorfología, Fotografía, Educación, Percepción Ambiental, Ordenamiento Territorial, Gestión Del Riesgo.

Abstract / Resumo

SOCIALIZED GEOMORPHOLOGY THROUGH TRADITIONAL PHOTOGRAPHY

This study is carried out in the Orosi-Ujarrás Valley, where more than 15,000 people reside. This area presents high geomorphologic fragility, and therefore this work is based upon the selection of representative sectors of such characteristic, to show through landscape photos, a series of geomorphologic sketches of the most evident and extense model forms currently on site. This is complemented with the interpretation of the processes and materials associated with each identified form. This work is presented as an geomorphologic study alternative that can help, in a simplified way, to educate the population in light of geomorphologic threats through direct field observations based on photographs that individuals can take and comment on with other community members and groups given the complex task of reading and understanding a geomorphologic map.

Keywords: Geomorphology, Photography, Education, Environmental Perception, Territorial Management, Risk Management.

GEOMORFOLOGIA SOCIALIZADA ATRAVÉS DA FOTOGRAFIA TRADICIONAL

O presente estudo, se situa no Vale de Orosi-Ujarrás, na qual residem mais de 1.5000 pessoas. A citada área apresenta uma grande fragilidade geomorfológica, a fundamentar o presente trabalho com a escolha de setores representativos da dita problemática e no sentido de demonstrar mediante a fotografia da paisagem, uma série de croquis geomorfológicos a explicitar as formas da modelagem atual mais evidentes e extensas; complementados com a interpretação dos processos e materiais relacionados a cada forma identificada. Este trabalho consiste em alternativa de estudo geomorfológico a ajudar de uma maneira simplificada a educar a população em relação a ameaças geomorfológicas, com a observação direta no campo, posto serem fotografias que os mesmos podem considerar e comentar com outros membros de sua comunidade e com a organização comunal, diante da complexidade de poder ler e compreender um mapa geomorfológico.

Palavras-chave: Geomorfologia; Fotografia; Educação; Percepção Ambiental; Ordenamento Territorial; Gestão de Risco.

INTRODUCCIÓN

La geomorfología, es la ciencia que estudia el origen, evolución y conformación actual del relieve de la superficie del planeta, donde sus interpretaciones son consideradas hoy como fundamentales, ya que sus alcances son de índole aplicados en la planificación de los territorios con miras a un mejor aprovechamiento de sus recursos, en una adecuada relación entre los humanos y el entorno geofísico que ocupan, con sus diferentes actividades habitacionales, económicas, sociales, culturales, geopolíticas, etc.; así como para la determinación del riesgo ante la presencia de amenazas naturales. Sin embargo, el aporte científico de la geomorfología se condensa en un mapa temático complejo, que no todas las personas pueden comprender y utilizar, en particular las personas que viven en las áreas rurales y urbanas, pero que no tienen instrucción geomorfológica. De manera, que este trabajo propone que las fotografías que todos tomamos con frecuencia de unidades de paisaje, pueden ser de utilidad para mostrar de forma sencilla y comprensible las formas que caracterizan una sección de la superficie terrestre; a través de las cuales se pueden evidenciar procesos que pueden convertirse en amenazas geomorfológicas, ante una vulnerabilidad intrínseca de un grupo de personas, infraestructuras, actividad económica, etc. que lleve a una manifestación real de riesgo que pueda derivar en desastre.

ÁREA DE ESTUDIO

El valle de Orosi-Ujarrás (Fotografía 1), está en jurisdicción de los distritos de Orosí y Cachí, cantón de Paraíso el cual posee una superficie de 412 km², perteneciente a la provincia de Cartago que representa el 6,1 % del territorio de Costa Rica. De acuerdo al INEC, 2017, en la provincia de Cartago habitan 529817 habitantes o sea el 13 % de la población del país, de las que 61503 personas pueblan el cantón de Paraíso, es decir el 12 % de la población de la provincia, mientras que los distritos en donde se ubica este estudio, Orosí y Cachí son habitados por 9849 y 5747 personas, de los cuales el 64 % y 54 % es población urbana, respectivamente. Mapa 1.



Este valle está definido en la cuenca del río Grande de Orosi, en donde la pluviometría promedio es de 6556 mm en sus partes más elevadas (3365 msnm), mientras que en su parte baja (1000 msnm) caen 1665 mm anuales; mientras que el sector donde se ubican los sitios de estudio, la pluviometría oscila entre 2000 y 3000 mm, según el IMN 2004 y el ICE 2004.

Esta pluviosidad se descarga sobre una topografía irregular y abrupta con una pendiente media de 33°. Sobre esta topografía, la constitución pedológica de la zona consiste de suelos muy meteorizados del orden de los ultisoles en las laderas e inceptisoles y entisoles en las áreas planas (ICE 1998), formados a partir de formaciones geológicas sedimentarias de una antigüedad del Mioceno inferior al Holoceno, materiales de origen volcánico e intrusivo del Mioceno medio terminal, del Plioceno y del Pleistoceno, así como de materiales aluviales y coluvioaluviales del Pleistoceno superior y del Holoceno (Sojo et al, 2017). Esta litología está disectada por una densa red de drenaje de trayecto corto e hidrodinámica torrencial en su recorrido, así como por una numerosa red de caminos mal diseñada, que potencian la remoción en masa.

Según Cortés, 2008, el uso de la tierra es de un 48 % bosque, 21 % café, 17 % pastos y el resto pequeñas parcelas de cultivos anuales (tomate, chile, papa, etc.), cultivos perennes (chayote, caña de azúcar, cítricos, etc.), embalses, uso urbano y tierras misceláneas. En los sectores de estudio las pendientes varían entre 15 y más de 75 %, a las que pertenecen clases de capacidad de uso de la tierra VI, VII y VIII, las cuales comprenden el 73 % de las laderas del valle de Orosi, lo que indica que su uso agrícola es restringido o para uso netamente forestal.

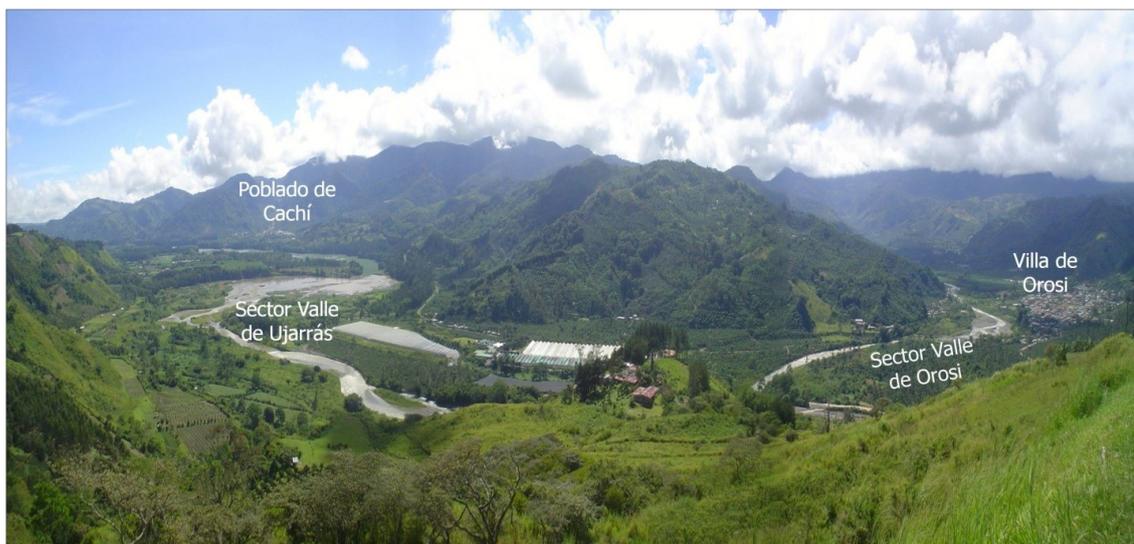


Figura 1 - La imagen muestra el conjunto del valle Orosi-Ujarrás, recorrido por el río Grande de Orosi, en el que se asientan los poblados de Orosi y Cachí. Asimismo, se puede apreciar lo abrupto de la topografía montañosa.

Por otra parte, ICT, 2004, destaca este valle como de gran belleza escénica dado las panorámicas de sus paisajes que se pueden apreciar desde cualquier punto del mismo, destacando al norte el Volcán Irazú con 3432 msnm y al sureste el Cerro de la Muerte con 3491 msnm, mientras en el valle de Orosi-Ujarrás sobresalen los embalses de las plantas hidroeléctricas de Cachí y Río Macho, que generan el 12% de la electricidad producida por el ICE.

Este valle es muy visitado por la belleza de su paisaje y el interés arqueológico e histórico de las ruinas de Ujarrás y la vieja iglesia de Orosi, así como la zona de Palomo, Purisil y Tapantí, que poseen una gran riqueza natural y balnearios termales.

Asimismo, el ICT, 2004, destaca en el valle Orosi-Ujarrás otros atractivos turísticos como el Paradero Lacustre Charrarra, con sus amplias zonas recreativas, los miradores Ujarrás, Orosi y Sanchirí, Monumento de Orosi, Museo de Orosi, el río Grande de Orosi, Parque Nacional Tapantí, Reserva Purisil y la Reserva Forestal de Río Macho, todas con buen acceso a través de la red vial local.

METODOLOGÍA

Este trabajo tiene como objetivo mostrar una visión diferente de los estudios geomorfológicos, de manera tal que, que estos sean de una mejor comprensión por los habitantes de las comunidades en las cuales se llevan a cabo los mismos, y que por lo general se resumen en un mapa geomorfológico que la mayoría no comprende, debido a lo especializado y a la diversidad de símbolos asociados a las formas, procesos y materiales, identificados en un determinado espacio geográfico. Con esto no se quiere decir, que la cartografía geomorfológica no es importante; ésta es fundamental para una adecuada gestión del ordenamiento territorial; sólo que en este estudio se busca mostrar como a través de la fotografía panorámica aplicada a paisajes representativos de un área de estudio e igualmente a través de ellas se pueden detectar situaciones de procesos geomorfológicos críticos, algunos de posible ocurrencia inmediata o en un futuro próximo.

De acuerdo a Hommeyerem, citado por Bolós, 1992a, el paisaje es “el conjunto de formas que caracterizan un sector determinado de la superficie terrestre, distinguiendo la heterogeneidad de la homogeneidad de modo que se puedan analizar los elementos en función de su forma y magnitud”. Asimismo, Bolos, 1992b, indica que los paisajes que hoy observamos, aún conservan parte de las herencias del pasado, como lo es el caso de las macroformas más resistentes del relieve, así como las más recientes e inestables como las formaciones superficiales, suelos, vegetación y cultivos, que en conjunto permiten conocer y comprender su evolución actual y futura. Sobre esta definición se soporta el uso de la fotografía panorámica del paisaje, como una herramienta y un medio de expresión gráfica que carece de subjetividad, ya que muestra las características del relieve en lo que respecta a sus componentes morfodinámicos y morfoestructurales tal y cual son, pero de una manera más comprensible y útil para los habitantes de un territorio determinado, cuya capacitación se puede realizar mediante talleres comunales.

Esta forma de comunicar, enseñar y crear cultura geomorfológica a los habitantes de un valle, de una ladera, de una llanura, de un área volcánica, etc., reconociendo y dibujando sobre una fotografía tomada desde un sitio clave, y aprendiendo un vocabulario geomorfológico; facilita una educación geomorfológica visual sobre los paisajes que todos los días frecuentan, trabajan o habitan muchas personas, pero que no saben cómo reconocer las características del pasado o como ese espacio geográfico se transforma. Algunas veces cambia muy lentamente, que parece inmodificable a la percepción de los sentidos humanos en espacio y tiempo, o simplemente desconoce que ese espacio geográfico puede verse transformado mediante procesos súbitos y violentos (deslizamientos, flujos de detritos, inundaciones, etc.), que pueden poner en riesgo sus vidas, sus actividades económicas, sus infraestructuras y la belleza escénica del lugar.

Para el habitante de los pueblos no especializado en geomorfológica, la imagen panorámica del paisaje, le resultará una herramienta mucho más gráfica y comprensible que un mapa, ya que en ella como imagen de fondo, se pueden dibujar los procesos, formas y materiales del entorno geográfico donde vive, contrastando de una manera más sencilla las simbologías especializadas, ajustadas a los rasgos del modelado impresos en la imagen panorámica del paisaje, con la ganancia que día a día podrá tener presente y visualizar los procesos geomorfológicos del paisaje observado y con ello apelar a un monitoreo continuo de la ladera, el valle, la llanura, el volcán, el río, etc. y así poder tener un mejor control de las amenazas (deslizamientos, avalanchas fluviales, inundaciones, etc.), y vulnerabilidades que ponen en riesgo a las comunidades y sus habitantes; aspecto que confirma Ribas en Bolos, 1992c, cuando indica que la percepción objetiva y abstracta de la realidad del paisaje es una experiencia sensorial compleja, que varía según los individuos o colectividad social, de acuerdo a sus características psicológicas, pudiendo incurrir en cierta parcialidad soportada en su intencionalidad, la que a su vez se fundamenta en la información, el aprendizaje y el comportamiento adquirido o contado.

Con base en lo anterior, se busca mostrar a través de la objetividad que garantiza el uso de la fotografía panorámica del paisaje, que se trata de una herramienta adecuada y necesaria para ampliar y facilitar la comprensión aplicada de los estudios geomorfológicos. Por tanto, deben formar parte como imágenes ilustrativas y complementarias de los manuales descriptivos y explicativos de los mapas geomorfológicos, así como parte de los textos de los informes científicos aplicados al ordenamiento territorial sostenible y a la gestión del riesgo, así como en los libros especializados. En este trabajo en dos de los casos estudiados, se complementan con tomas aéreas de eventos puntuales de la Comisión

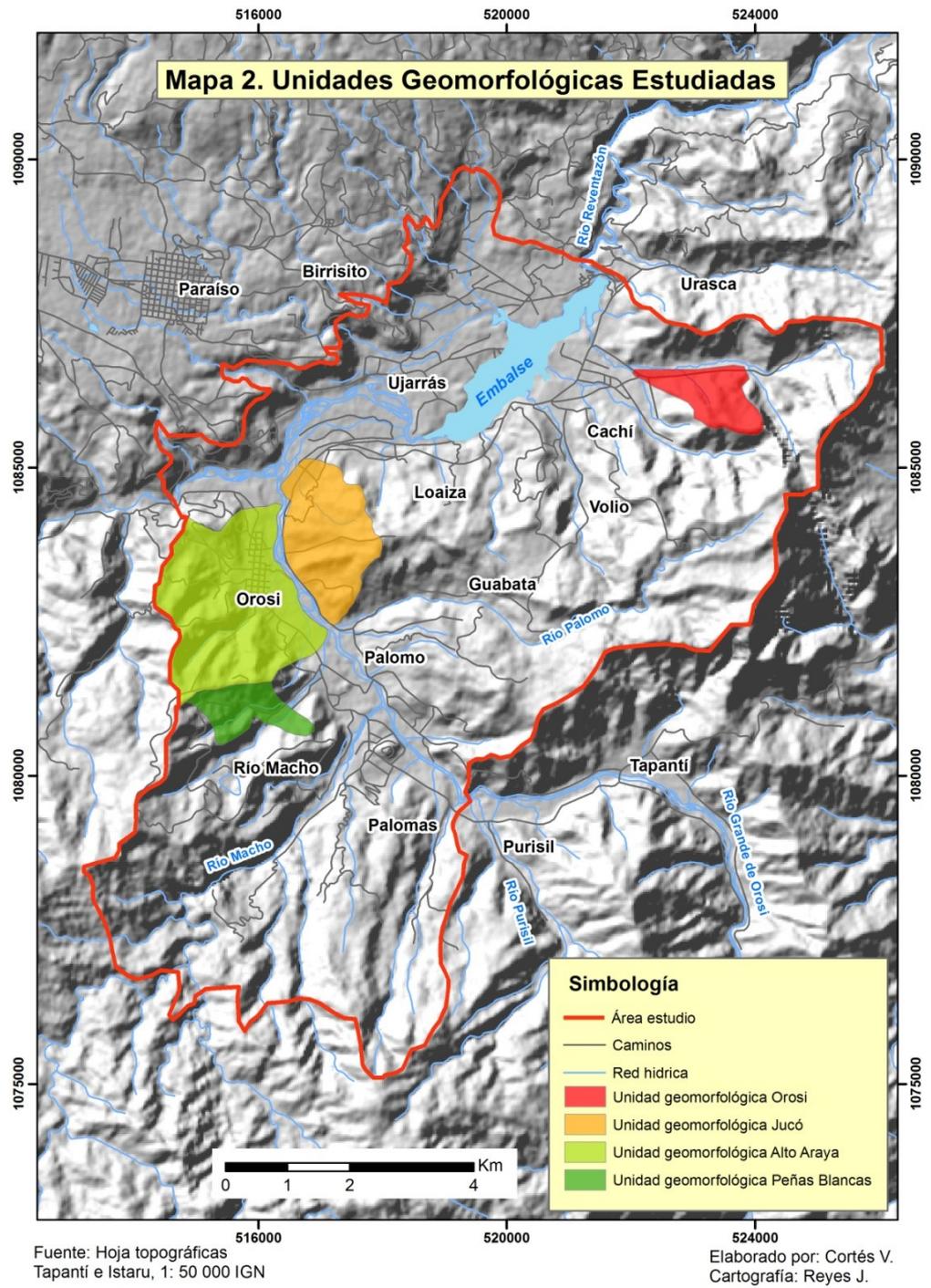
Nacional de Emergencias (CNR) y a través de imágenes del servicio importado desde OSMLab, DigitalGlobe-Standard como un servicio de teselas de mapas (Tile Map Server). El copyright es <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/DigitalGlobe>. Última actualización Marzo 2018. Consultado el 31 de marzo de 2018), aprovechando su legibilidad y buena resolución, pues en la mayoría de los hogares hoy se pueden consultar vía internet, a través de las cuales se puede también educar a la población.

Asimismo, este tipo de fotografía de acuerdo a Ribas, en Bolos, 1992c, debe verse como una aplicación al interés social de la problemática ambiental en un contexto interdisciplinario y científico, para comprender las interrelaciones entre los elementos (abióticos, bióticos y antrópicos), y las relaciones causa-efecto que caracterizan la estructura y dinámica de un paisaje que funciona y evoluciona como un todo, especialmente cuando se modifica de manera irreversible llevando al desastre, por lo que el objetivo de este trabajo también se orienta a mostrar la necesidad de que el ser humano sienta que es uno de los principales integrantes del paisaje; pues como lo indica Ribas, en Bolos, 1992c, éste debe asumir con responsabilidad lo que altera, transforma, regenera y conserva en el espacio geográfico que habita.

Estas imágenes aplican en el concepto de cuenca visual, descrito por Ribas, en Bolos, 1992c, que consiste en una serie de panorámicas, plasmadas en series fotográficas, desde las que son visibles un conjunto de puntos o recíprocamente correspondientes a un territorio de relieve, en este caso accidentado (laderas), donde sus límites coinciden con las líneas divisorias de aguas, lo que permite determinar con claridad la fragilidad y los impactos visuales del paisaje. En este caso en el valle de Orosi-Ujarrás, cantón de Paraíso, se seleccionaron 4 sectores panorámicos representativos, con importante presencia humana en las mismas, sobre las que se dibujaron, con apoyo del colega MSc. Johan Córdoba Peraza, “Croquis Geomorfológicos” sirviendo ellas como imagen de fondo. El método para determinar estas emisiones visuales, consistió en el trazado de rayos visuales sobre el terreno desde un punto seleccionado como clave de visualización máxima de la panorámica adoptada para el propósito de este estudio, y donde su intersección corresponde con la altura máxima que ofrece el relieve circundante. Los puntos de visualización máxima de las panorámicas se ubican en la ladera opuesta respectivamente, cuyos sitios se localizan según las coordenadas geodésicas locales CRTM05, en los mapas topográficos Tapantí e Istaru, escala 1:50000, IGN, 1963, y que se indican en cada uno de los apartados dedicados al análisis de cada croquis geomorfológico.

RESULTADOS

Con soporte en el fundamento metodológico anterior, a continuación se analizan los 4 croquis geomorfológicos, asociados a sus respectivas unidades geomorfológicas, a partir de tografías panorámicas, seleccionadas en sectores de laderas del valle Orosi-Ujarrás, a los cuales se les ha asignado un nombre distintivo, que facilita su localización en el campo. Mapa 2



CROQUIS GEOMOFOLÓGICO OROSI

Según Denier y Arias, 1991, citado por Sojo et al, 2017. la ladera que se muestra en la imagen de fondo en este croquis geomorfológico, cuyo punto de visualización máxima está en las coordenadas CRTM05 517365 m y 1082894 m, está constituida por la formación geológica Peña Negra, de edad del Mioceno inferior a medio, que en la zona comprende unos 450 m de espesor, compuesta por estratificaciones de areniscas medias y finas pardas, lutitas y areniscas finas negras, intercalaciones de guijarros y estratos calizos aislados, con areniscas pardas de grano medio a grueso. Esta formación intruida en algunos sectores por el intrusivo de Tapantí, del Plioceno inferior (Sojo et al, 2017) formado de gabros y granodioritas, lo que explica la presencia de una aureola de metamorfismo de contacto que

origina las cornubianitas presentes en distintos lugares del valle.

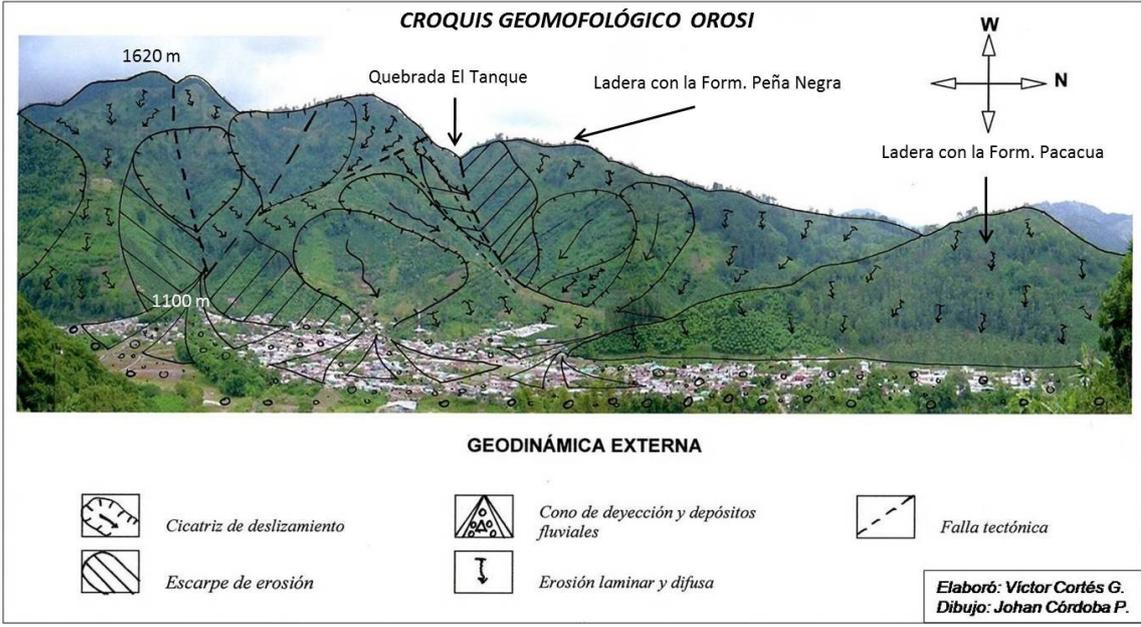
En el campo se observa que estos materiales están muy meteorizados y diaclasados, lo que reduce drásticamente su cohesión en el contacto con la formación superficial derivada de estos materiales, la cual posee una matriz con texturas que varían de franco arcillo arenosas, franco arcillosas y franco limosas. Esta matriz, engloba gravas y bloques que muestran una aparente estabilidad, al formar un “mortero” endurecido cuando la formación superficial está seca, ayudado por la presencia coloidal de óxidos de hierro, arcilla y materia orgánica. En esta condición, se midió una compactación superior a 4 kg/cm², y una contracción de su matriz hasta en una cuarta parte de su volumen. No obstante, al aplicarle un mínimo esfuerzo con la mano, los líticos se desagregan con facilidad, debido al alto grado de meteorización que posee este componente de la formación superficial. Sobre esta geología se pueden encontrar las mayores pendientes y numerosos procesos masivos de remoción en masa.

En esta sección de la ladera, atrás de la Villa de Orosi, también se puede observar una vertiente muy afectada por la tectónica, que se evidencia por la presencia de un sistema de fallas que cortan e individualizan en distintas direcciones la ladera, donde los planos de dichas fracturas han esculpido laderas longitudinales muy escarpadas que tienden a individualizarse o a dislocarse en secciones de superficie aplanada inclinadas triangulares llamadas facetas, aunque en algunos sitios tienden a la verticalidad, sobre las cuales se han desarrollado deslizamientos, como se observa a media ladera a lo largo de la imagen o cerca de las divisorias de aguas, donde hay varias cicatrices de deslizamientos antiguos y escarpes de erosión, que cubren áreas extensas de fuertes pendientes que varían entre 30 y 60 %.

Se trata de una ladera de topografía muy irregular, que se comprueba por la diferencia de altura entre su punto máximo de elevación de 1620 m y la base de la ladera a 1100 msnm, que es de 520 m, en un desplazamiento horizontal de sólo 1650 m. Esto explica la gran energía que desarrollan los materiales que suelen desprenderse de su superficie en forma masiva y torrencial. Estas condiciones topográficas hacen que en los planos de falla y en la base de las formaciones muebles al contacto con basamento litológico original del área, se acumule material arcilloso que al saturarse de agua, se comporta como “jabón”, haciendo que las formaciones superficiales, cuyos espesores van entre 0,5 y más de 3 m, se desplomen ladera abajo o en dirección a la red fluvial, a través de la cual descienden como flujos de lodo, escombros rocosos y trancos de árboles, arrasando cultivos, infraestructura diversa, urbanizaciones y poblados que estén en su trayectoria, como ha ocurrido en algunas ocasiones.

Es notable también, como la red fluvial ha aprovechado las líneas de fractura para construir sus cauces, haciendo que su comportamiento hidrológico, sea el de torrentes de montaña, por los que han discurrido en épocas remotas y recientemente voluminosos flujos de lodo y de detritos, cuyos materiales iniciales se aportaron desde las coronas de los deslizamientos, para ser depositados en la base de la ladera en forma de potentes conos de deyección coalescentes, sobre los que hoy se emplaza y expone la Villa de Orosi a procesos semejantes.

En la zona, se ha observado que para que ocurran procesos de remoción en masa de gran volumen, es necesario que se conjuguen otras variables con el proceso, como las de tipo climático o meteorológico, así como tectónicas y sísmicos. En el área, en los últimos años el detonante principal ha sido las fuertes lluvias, asociadas a la presencia de bajas presiones, las que se concentran en forma de tormentas por varias horas de manera continua y focalizadas sobre una sección de la alta ladera del área; como sucedió el 1 de setiembre del 2002 en el Alto Loaiza, que durante 9 horas seguidas de lluvia, precipitaron casi 100 mm de lluvia, se disparó un deslizamiento 2 millones de m³ de material, en la parte alta de la microcuenca de la Quebrada El Tanque, que destruyó 13 casas en el Alto Loaiza, dejó 6 personas fallecidas y destruyó las fincas de café que estaban en su camino (ICE, 2002). Éste fluyó por el cauce de dicha quebrada, trazado a lo largo de una línea de fractura, en forma de un flujo de lodo, recorriendo unos 600 m en una pendiente de 36 %, cuyos materiales alcanzaron parte de la Villa de Orosi, en la que viven más de 5000 personas (INEC, 2017).



En el caso de la ladera en el primer plano de la imagen y de menor altura con respecto a la comentada anteriormente y ubicada en la margen izquierda del croquis, se caracteriza por estar dominada por la erosión laminar y escorrentía difusa. Denyer y Arias (1991), citado por Badilla et al (1999) y (Sojo et al, 2017), indican que esta ladera está constituida por la formación Pacacua, de edad Mioceno inferior a medio, conformada por volcarenitas y brechas volcanoclastitas de granulometría fina, gruesa y guijarrosa, con intercalaciones de coladas de lava, así como tobas, tobitas, brechas finas y gruesas, limonitas, lutitas y cornubianitas producto de un metamorfismo de contacto. En el terreno se puede observar que estos materiales se encuentran muy meteorizados y pese a ello no se evidencian procesos de remoción masivos, explicado por tener laderas de menor longitud y de pendientes menos pronunciadas que promedian el 20%.

CROQUIS GEOMORFOLÓGICO JUCÓ

La superficie representada en este croquis con su punto de visualización máxima ubicado en las coordenadas CRTM05 515587 m y 1080647 m, presenta las mismas características geológicas asociadas a la formación geológica Peña Negra y al Intrusivo de Tapantí, según (Sojo et al, 2017), así como fisiográficas y propiedades físicas semejantes que las del croquis geomorfológico Orosi, por lo que su interpretación desde el punto de vista del potencial de ocurrencia de procesos de remoción en masa en sus laderas es similar, por lo que sólo se abordan los aspectos que le son más inherentes.

La superficie observada en este croquis, está comprendida en la microcuenca del río Jucó, considerada como una de las que presenta mayor inestabilidad de laderas en el sector valle de Orosi y donde viven más de 150 familias, de las cuales 60 están en el poblado de Jucó (CNE, 2003 y CNE, 2005). En esta microcuenca han ocurrido importantes deslizamientos como el del 19-6-2003 y el del 24-10-2005 (Fotografía 2), disparados después de varias horas de lluvia continua que saturaron la formación superficial, cuyos volúmenes de materiales se canalizaron por el cauce del río Granados, afluente del río Jucó, como flujos detríticos y troncos de árboles en una matriz lodosa.



Figura 3 - La imagen muestra la corona de desprendimiento de los eventos ocurridos en 2003 y 2005. El primer evento movilizó 500000 m³, en tanto el segundo deslizamiento convertido en flujo de detritos consistió de 1 millón de m³ que se depositó en un área de 15000 m², proveniente de un área susceptible a deslizarse en el futuro estimada en 47000 m². Fuente: CNE, 2005.

En la figura 4, se observa el sitio de mayor elevación comprendido en el croquis geomorfológico, se ubica a una altitud de 1865 msnm, lo que permite establecer una diferencia de altura con respecto a la base de la ladera que está a 1100 msnm de 765 m, en una distancia horizontal de 2,55 km, lo que ayuda a entender la gran energía que desarrollan los materiales que en forma masiva, se movilizan pendiente abajo, pues la práctica indica que entre mayor sea la longitud y la pendiente de la ladera, menor es la resistencia gravitacional y mayor la energía hidráulica desarrollada por los materiales que se desplazan sobre ella o en un cauce fluvial, donde se evidencia un control estructural por fallamiento asociado al recorrido del cauce del río Jucó. Esto resulta más interesante y a la vez más preocupante que en un recorrido lineal estimado en 1,74 km, sobre el cauce del río Granados hasta la confluencia con el río Juco que está a 1170 msnm, se encontró que el río desciende 695 m, con una pendiente media de 44%, es decir el 90,8% de la diferencia de altura entre la altitud máxima representada en la fotografía 3 y la base de la ladera, y justo donde inicia el poblado de Jucó, a partir del cual la pendiente del cauce del río Jucó cambia a una pendiente media de 26 %.

El paisaje que muestra la fotografía de paisaje, correspondiente al croquis geomorfológico Jucó, es el sector medio aguas abajo de la microcuenca del río Granados, cuyo sitio de toma de la fotografía se indica con un punto blanco en la figura 4, a partir del cual se bifurcan 3 flechas indicando la dirección de la visual. La superficie analizada, se caracteriza por presentar una formación superficial compuesta por una matriz muy fina que entre arcillas y limos suman el 58%, donde el resto son arenas que ante una pequeña presión se disgregan fácilmente, aumentando la fragilidad y ruptura de cohesión de la formación superficial como un todo.

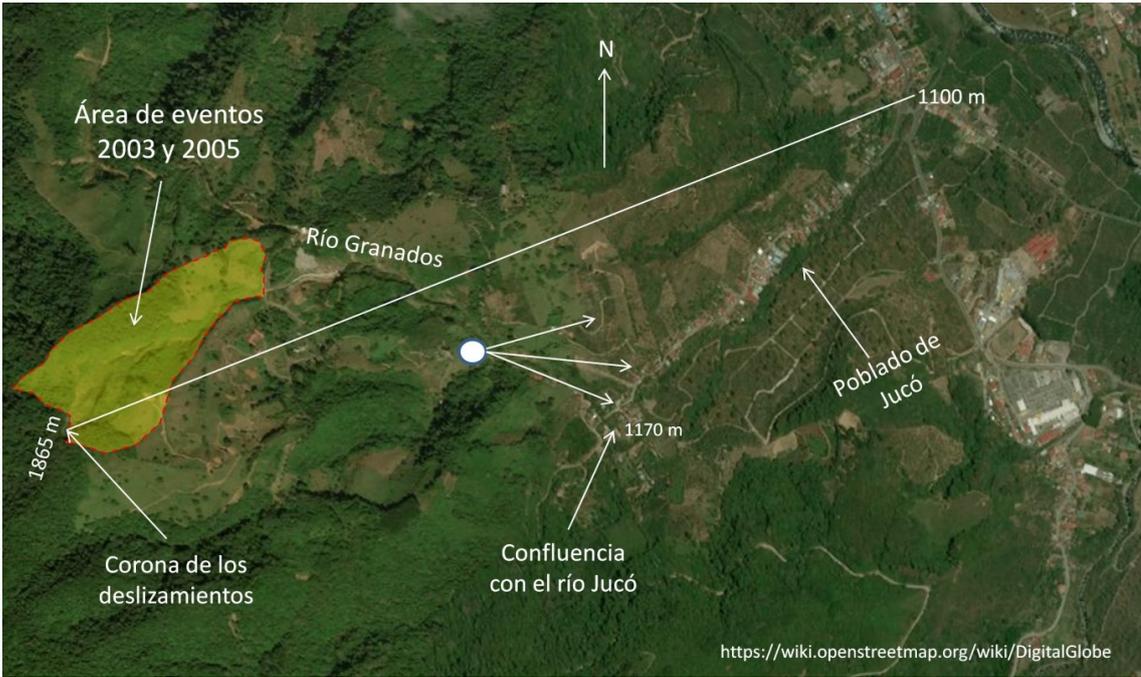
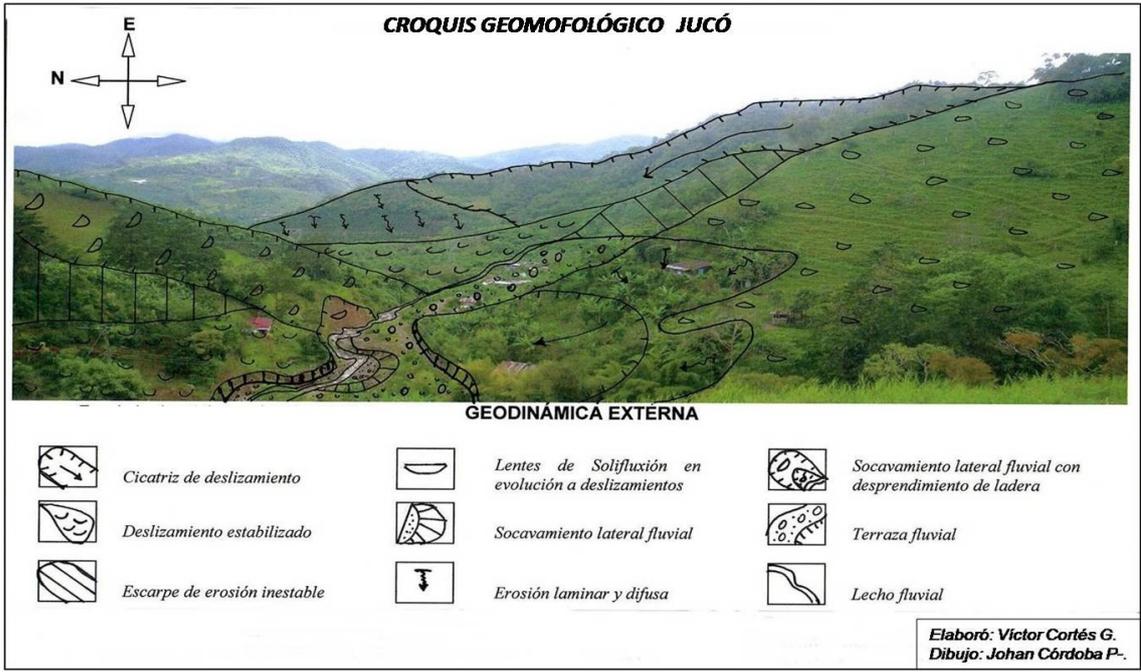


Figura 4 - En la imagen se aprecia el área de afectación por los flujos detríticos, originados en la naciente del río Granados, así como las diferencias altitudinales entre el sitio más elevado y bajo. Confrontar la información detallada en esta ilustración, con la fotografía 2 y con el croquis geomorfológico. El punto blanco indica el ángulo en el sitio de visualización máxima del croquis geomorfológico Jucó. Fuente: OSMLab, DigitalGlobe-Standard, 2018.

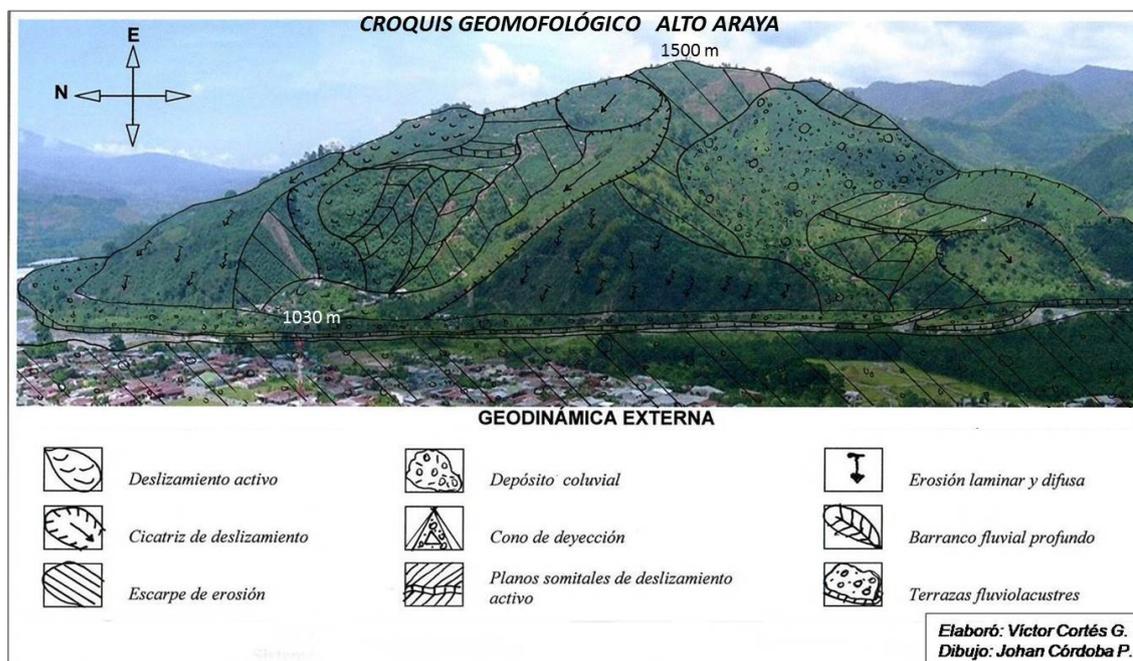
Asimismo, la matriz engloba fracciones granulométricas mayores como gravas y bloques angulosos muy meteorizados y diaclasados, que se rompen fácilmente con las manos al aplicarles un pequeño esfuerzo, y a su vez son muy permeables al agua. Es una matriz que tiene una gran capacidad para almacenar agua, al poseer una porosidad de 51% y capacidad de saturación de 56 %, lo que explica la fluidez torrencial de los flujos detríticos, a lo largo del cauce del río Granados que entra en la categoría de torrente de montaña.



El croquis geomorfológico Jucó, presenta las formas del modelado que se observan a lo largo del cauce del río Granados, posterior al paso de los flujos detríticos caracterizados en párrafos anteriores, como socavamientos y desprendimientos laterales de sus riberas, así como las características geomorfológicas de las laderas colindantes a dicho cauce, en las que se nota la carencia de una cobertura vegetal densa que contribuya a su estabilidad, siendo por el contrario un uso de pastos y cultivo de café sin técnicas de conservación de suelos. En campo se puede comprobar cómo la formación superficial se desplaza lentamente en dirección de la pendiente en forma de solifluxión y erosión laminar y con presencia de depósitos de antiguos deslizamientos, pero que ante eventos de lluvias concentradas o sismos de magnitudes importantes (zona con potencial para generar eventos sísmicos destructivos), pueden ocurrir procesos más masivos y voluminosos, como los originados en las partes altas de la microcuenca en los años 2003 y 2005.

CROQUIS GEOMOFOLÓGICO ALTO ARAYA

El modelado de esta ladera, con el punto de visualización máxima en las coordenadas CRTM05 514365 m y 1082798. m, se origina sobre la litología de la formación geológica Pacacua, según Denyer y Arias (1991), citado por Badilla et al (1999) y (Sojo et al, 2017), de una edad del Mioceno inferior a medio, cuya composición fue descrita en el croquis geomorfológico Orosi. Estos materiales en la zona, se presentan muy meteorizada en todos sus componentes litológicos, sobre los cuales se observa desagregación de las volcarenitas grises y moradas por arenización en forma de arenas medias a conglomerados brechosos con clastos angulosos de hasta 25 cm de diámetro y se le asocia un espesor en el área de cercano a 500 m (Sojo et al, 2017), así como por hidrotermalismo y donde las lutitas, se fragmentan fácilmente con un esfuerzo mínimo aplicado con la mano, existiendo entre sus fragmentos una matriz arcillosa; mientras que los materiales más sólidos se individualizan por numerosas diaclasas multidireccionales y fallamiento vertical. Sobre esta litología, por alteración in situ, se han constituido formaciones superficiales de textura arcillosa, cuya característica las convierte en materiales masivos muy moldeables y deformables, lo que aunado a un substrato geológico muy meteorizado, explica lo insegura que se vuelve esta ladera desde el punto de vista de ocurrencia de deslizamientos.



Se considera que la ladera mostrada en este croquis, en su origen definió un frente de ladera redondeado, a partir de las cuales se formaron grandes deslizamientos, según lo confirman las enormes cicatrices de deslizamientos antiguos, así como deslizamientos actualmente activos y los pronunciados escapes de erosión con control estructural. Actualmente, gran parte de los materiales removidos, aún se pueden encontrar en tránsito sobre la ladera, aunque importantes masas de formaciones superficiales

deslizadas de la alta y media ladera, se localizan al pie de la misma o rellenando los terrenos llanos y las áreas lacustres del fondo valle, en forma de pequeños conos de deyección o combinados con los depósitos fluviolacustres, que hoy forman las terrazas que se pueden distinguir en el área, asociadas a la génesis y evolución geomorfológica del lago de Cachi, hoy embalse y al río Grande de Orosi. Es muy probable que el movimiento masivo de estos materiales desde la ladera hacia su base, ocurrió durante el inicio del pluvial al finalizar el último período glaciario hace unos 13000 años.

Sobre amplias áreas, circundadas por grandes cicatrices de deslizamientos antiguos, se cultiva el café; como lo es en el caso del paleodeslizamiento del Alto Araya, y en el que se emplaza el poblado del mismo nombre en forma lineal, con más de 1000 personas, a lo largo de una pendiente media de 33 %, que se origina a 1500 m de elevación, finalizando tras un recorrido horizontal de 2,25 km a 1030 msnm, con una diferencia de altura de 470 m. Esta superficie alberga suelos y formaciones superficiales residuales, algunas de composición y granulometrías entremezcladas o indiferenciadas, que no fueron movilizados del área cuando ocurrieron dichos procesos, y actualmente se encuentran en relativa estabilidad, lo que permite clasificarlos como materiales en tránsito, definiendo en su interior un modelado donde alternan pequeñas áreas planas ocupadas por viviendas y agricultura, con masas deslizantes de forma lobular, escarpes de fuerte pendiente y barrancos profundos generados por la erosión fluvial rectilínea y por los cortes perpendiculares a la dirección natural de pendiente, por parte de la red caminos de diseño rústico y con escaso mantenimiento, por lo que se está ante una formación superficial propensa a deslizarse de manera masiva.

Es importante indicar, que en el trabajo de campo, se encontró una meseta estructural con superficie lobular, en la parte alta de esta imagen, que es testigo del relieve original de este modelado, que ha sido sometido a una fuerte incisión fluvial, pero por el hecho de estar cubierta de bosque y por pastos en algunos sectores, presenta una relativa estabilidad de laderas.

Por otra parte, la ladera en algunos sectores, presentan grandes acumulaciones coluviales, que se mueven lentamente como grandes volúmenes de material en favor de la pendiente, las cuales se reconocen por la excesiva erosión que se aprecia en su superficie, destacando la densa pedregosidad, cuyo calibre va desde pocos centímetros hasta bloques angulosos y subredondeados de varios metros de diámetro. Estos materiales evidencian desplazamiento gravitacional de los mismos; a lo que hay que adicionarle la fuerte erosión laminar que ocurre en los campos agrícolas, principalmente en los cafetales.

Finalmente, con el trabajo de campo se constató la presencia de grandes hormigueros, distribuidos por el área, que alcanzaban más de 4 m de diámetro y muchos de ellos colindando con las riberas elevadas y escarpadas de los ríos, siendo un elemento inestabilizador de las laderas, ya que aflojan y remueven gran cantidad de formación superficial, favoreciendo una alta infiltración del agua por la gran porosidad que se crean las hormigas con sus galerías, convirtiéndolos en grandes sumideros. A esto hay que adicionarle que algunas de las coronas de los deslizamientos siguen líneas de fractura, donde formaciones superficiales de más de 4 m de espesor evidencian desplazamiento continuo pendiente abajo, especialmente si corresponden a cursos fluviales que socavan lateralmente sus cursos en su flujo torrencial.

CROQUIS GEOMORFOLÓGICO PEÑAS BLANCAS

Geológicamente, la ladera representada en este croquis, cuyo punto de visualización máxima está en las coordenadas CRTM05 523143 m y 1087188 m, está asociada a dos tipos litológicos. Una de origen coluvio aluvial de edad cuaternaria, que se encuentra rellenando a partir del piedemonte las partes planas del fondo valle del río Naranjo y de sus afluentes, que como red fluvial corta dichos materiales conformando canales sinuosos, profundos y de paredes abruptas, que evidencian un comportamiento fluvial torrencial; mientras que a partir de la otra litología, se ha edificado un relieve de laderas pronunciadas, con una pendiente media de 50 %, constituida de un basamento de origen volcánico, denominado formación Doán, a la que se le asocia una edad del Plioceno y un espesor de 300 m en el vecino Cerro Duán, aunque podría alcanzar los 800 m en algunas áreas circunvecinas, según Alvarado y Pérez (1998).

La Formación Doán, está compuesta en un 80 % por depósitos volcanoclásticos (piroclásticos y

epiclásticos), así como por coladas de lava e intrusiones en forma de diques. Las rocas poseen una composición que varía entre basáltica y andesítica. Los materiales piroclásticos consisten de depósitos de flujos de bloques y cenizas a modo de avalanchas, mientras que los depósitos epiclásticos consisten de flujos escombrosos laháricos, así como de tobetas, conglomerados, aglomerados y brechas tobáceas. Es una formación en la que actualmente sus rocas están expuestas en los lechos fluviales y en los riscos como superficies erosionadas de color blancuzco, muy diaclasadas y falladas, mientras que los materiales más meteorizados presentan una coloración marrón (Alvarado y Pérez, 1998).

Esta formación, también posee rocas muy meteorizadas, que al ser muy blandas, son fácilmente disgregadas por la erosión, siendo los materiales ideales para la formación de avalanchas torrenciales, especialmente cuando se presentan fenómenos atmosféricos focalizados (lluvias torrenciales) sobre los cerros, como la tormenta ocurrida el 2 de Julio de 1987, que se localizó en la zona, sobre el Cerro Duán, cuando cayeron en 5 horas entre 260 y 275 mm de lluvia, provocando avalanchas de detritos que se canalizaron por el cauce del río Naranjo, que al desbordarse, produjeron grandes pérdidas materiales en el poblado de Cachi y en la agricultura, principalmente al cultivo del café (Zalazar, 1992) y se cuantificaron más de 50 deslizamientos (Mora et al, 1989).

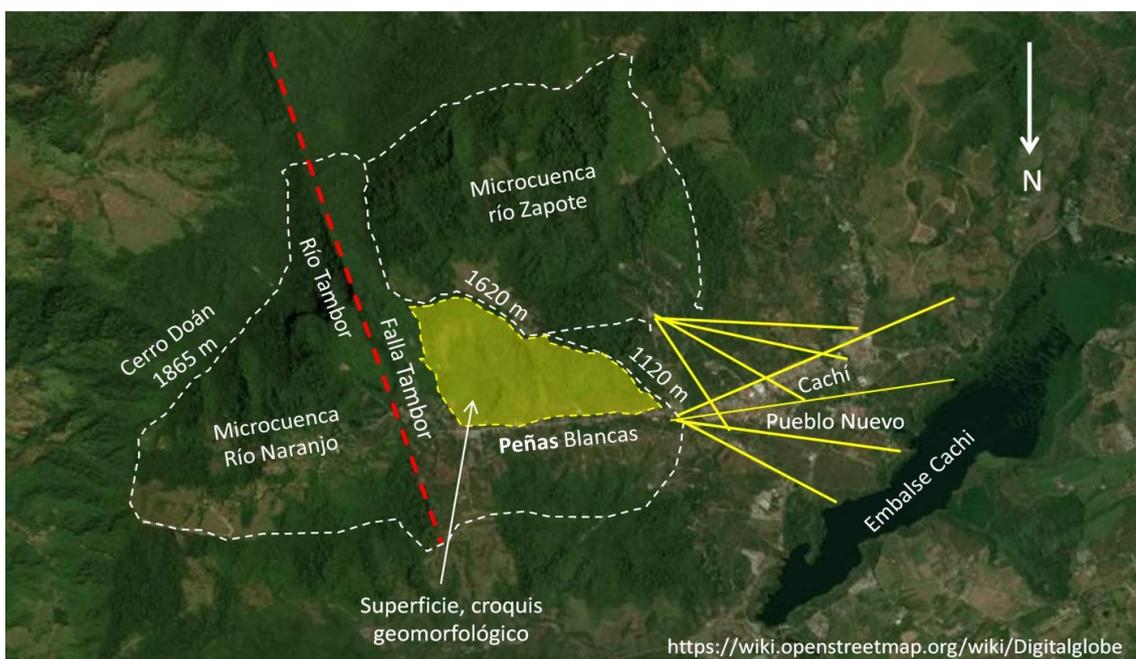
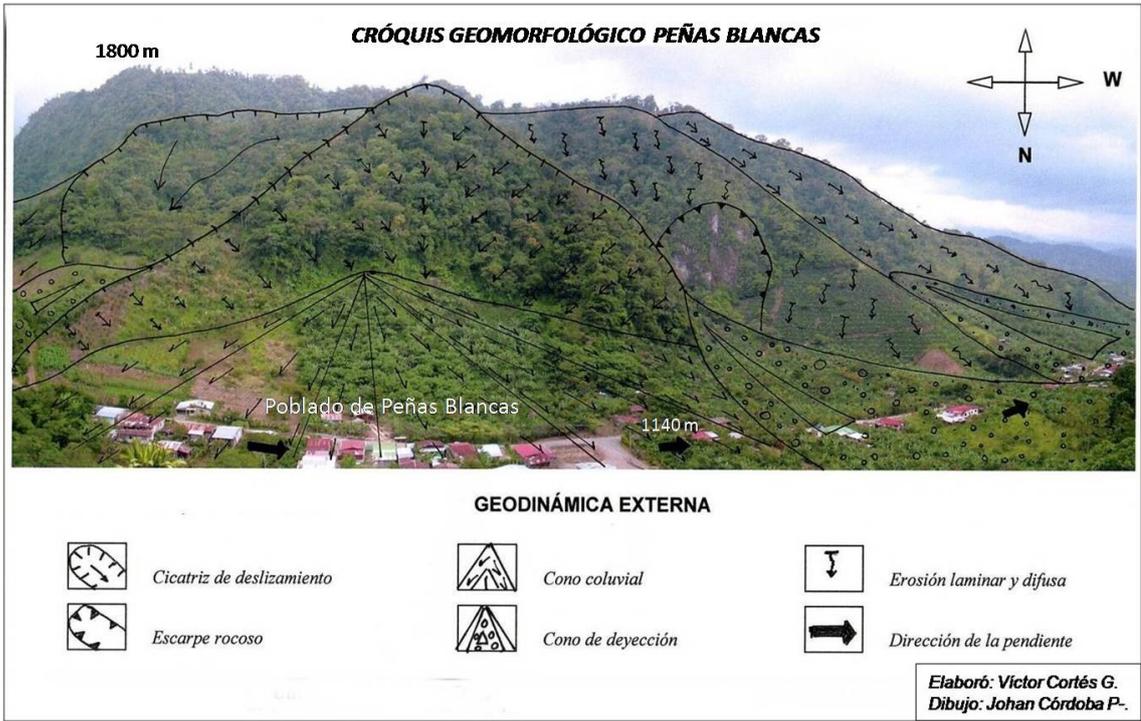


Figura 7 - En esta imagen se observa la delimitación de la microcuenca del río Naranjo. Ésta presenta deforestación extensa, con excepción de presencia de manchas bosque en sus partes elevadas próximas a la divisoria de aguas. La ilustración muestra los principales macrodetalles geográficos y geomorfológicos que se citan en el texto, la cual permite una mejor comprensión de la interpretación del croquis geomorfológico. Fuente: OSMLab, DigitalGlobe-Standard, 2018.

El croquis geomorfológico Peñas Blancas, muestra muy bien las características del relieve, ubicado entre los 1865 y 1120 msnm (Fotografía 4), donde sobresalen las laderas escarpadas y rocosas afectadas por la tectónica, sobre las que se han formado in situ o depositado suelos lixiviados de escasa fertilidad. Asimismo, en algunos superficies de topografía empinada, se observan bloques rocosos de dimensiones métricas inestables, con posibilidad de desprendimiento o que están aún en tránsito sobre ellas, poniendo en riesgo a una importante población establecida a lo largo de las angostas superficies planas de los valles, cuyo ancho medio es de 250 m, en los que se emplaza los poblados de Cachi, Pueblo Nuevo y Peñas Blancas (Fotografía 4). Esta área de estudio presenta un extensa intervención humana, mediante la práctica de la agricultura del café y los pastos, y una amplia ocupación habitacional, a lo que hay que agregarle que en los últimos años, sobre éstas laderas se está construyendo infraestructura asociada al turismo rural, donde es muy probable que en su diseño ingenieril y de ubicación geográfica, no se ha considerado la evolución geomorfológica de las laderas y el comportamiento hidrológico de su red fluvial, como torrentes de montaña debidamente comprobado y

potenciados por la irregularidad topográfica de la pequeña microcuenca del río Naranjo (6,38 km²), de la cual forma parte la sección de ladera representada en este croquis geomorfológico.

La torrencialidad de esta red fluvial es ratificada por Salazar (1992), cuando indica que el cauce principal del río Naranjo, tiene una longitud de 5,5 km, y una pendiente promedio del 26 %, es decir que por cada 100 metros tiene un declive de 26 metros. Asimismo, encontró que a partir de su desembocadura en el embalse de Cachí (Fotografía 4), y hasta el kilómetro 4 aguas arriba, justo donde se ubica el croquis geomorfológico Peñas Blancas, las pendientes del cauce oscilan entre 6,6 % y 11 %, pero en el último kilómetro hasta su nacimiento se pasa de 15,4 % a 66 %.



Las rocas que conforman la ladera representada en el croquis, se encuentran muy fracturadas y diaclasadas, al igual que en el resto de laderas de la citada microcuenca, lo que se explica por la existencia de fallas locales, que aunque no se puede afirmar que actualmente están activas, está claro que en el pasado su accionar tectónico, provocó el debilitamiento y desagregación estructural de dichas rocas, lo que ha facilitado la penetración y presión colateral de los sistemas radiculares de la vegetación, provocando la pérdida de estabilidad de los fragmentos rocosos masivos, formando grandes escarpes como el que se observa en la imagen del croquis y el que se ubica en el Cerro Duán (1865 msnm) en la cabecera de la microcuenca, controlado por la falla del río Tambor (Fotografía 4), afluente del río Naranjo, que corre de NNW a SSE, del que se generaron en el pasado caída de grandes volúmenes de materiales de origen volcánico.

Estos materiales por acción de la gravedad y lluvias intensas, han descendido torrencialmente por las laderas y por los cauces de los ríos en busca de las zonas más planas, llegando a formar imponentes conos de deyección, que hoy se observan depositados en forma coalescente, formados a partir de la hidrodinámica de las microcuencas de los ríos Naranjo y Zapote, sobre los se localiza el poblado de Cachí y urbanizaciones de construcción reciente (Fotografía 4). La formación de estos conos de deyección, se deben remontar a una condición de un régimen pluviométrico mucho más intenso que el que existe en la actualidad, en correspondencia al pluvial iniciado al finalizar el último período glacial hace unos 13000 años.

La sección de ladera representada en el croquis geomorfológico, muestra varias formas asociadas a procesos de deslizamientos, que son muy numerosas en toda la microcuenca del río Naranjo, los cuales se presentan tanto a nivel superficial como profundo. Estos últimos han dejado la roca madre aflorando en superficie a manera de escarpes, como se aprecia en el croquis. A esta situación se debe agregar la presencia de numerosos flujos de agua que brotan de las laderas, que en circunstancias de abundante

pluviometría en la zona, contribuyen con la movilización de importantes volúmenes de materiales, inestabilizando las laderas, potenciando la formación de conos coluviales y de deyección, que se depositan en el piedemonte de la ladera, perpendicularmente al cauce del río Naranjo, que en su debido momento estos materiales son trabajados por dicho cauce y sus afluentes, adicionándolos como parte de la carga fluvial a transportar por el canal fluvial principal.

En lo que respecta a las formaciones superficiales en la microcuenca del río Naranjo y por ende en el sector de ladera considera en el croquis geomorfológico, como representativa de la misma, se caracterizan por ser en su mayoría de alteración in situ, con espesores que superan los 4 m, con una textura arcillosa de color rojo, relacionadas con suelos muy evolucionados de clima caliente y húmedo, en cuya matriz aparecen en promedio gravas en un 10 % de su volumen. En general se trata de formaciones superficiales con una gran capacidad para almacenar agua, dado que su porosidad media es de 52 %, posibilitando que puedan permanecer saturados largo tiempo, haciendo que las laderas de fuerte pendiente se desplacen de manera masiva, ya sea lenta o súbitamente cuando ocurren tormentas meteorológicas. Asimismo, cuando estos materiales están saturados o secos sin agrietamiento, no tienen la capacidad de infiltrar el agua de las lluvias intensas, por lo que la escorrentía superficial es severa, erosionándose con facilidad los terrenos de coberturas vegetales discontinuas o abiertas como los cafetales.

En una posición de piedemonte y a media ladera, se pueden encontrar formaciones superficiales coluviales, relativamente estables, que evidencian procesos antiguos en forma de conos coluviales, constituidos por gravas y bloques angulosos envueltos en una matriz arcillosa. Estas formaciones, al estar constituidas por fracciones gruesas ayudan a la filtración del agua, por lo que son necesarias lluvias severas concentradas, cuya agua se acumula en reservorios a presión dentro de estos depósitos, hasta que “revientan como espontáneas bombas de agua”, acompañadas de formaciones superficiales que se mueven torrencialmente sobre la ladera o a partir de cortes de caminos donde también suelen brotar.

Finalmente, se puede indicar que la ladera que comprende el croquis geomorfológico, y la microcuenca del río Naranjo, posee un modelado muy irregular y abrupto, que en algunos sitios son casi verticales, hecho que confirma Salazar (1992), cuando estimó un valor máximo en el índice de relieve relativo para el sector del escarpe del Cerro Duán, de 550 m / km². Estos valores son indicativos de las características geológicas, geomorfológicas, climáticas y humanas del área, donde se han formado desniveles en los cauces principales y afluentes en forma de cascadas o cataratas, lo que significa que los procesos erosivos están en apogeo y la red fluvial aún no alcanza su equilibrio hidrológico, aspectos que se deben tener siempre presentes en el desarrollo humano que continuamente transcurre en la zona.

CONCLUSIÓN

Se espera que este trabajo haya cumplido el objetivo de proponer una forma diferente de hacer llegar los aportes de la geomorfología a la sociedad de una manera más práctica dirigida a la población, con la cual las personas se vuelvan más observadoras y perceptibles sobre lo que ocurre o puede ocurrir en su entorno físico, y así poder dar de manera más temprana las alertas con su ayuda, sobre amenazas geomorfológicas antes de su disparo, reduciendo así su impacto en vidas, infraestructura y actividades económicas. Asimismo, se espera que educar a través de la geomorfología sea como una forma del conocimiento síntesis de un espacio geográfico determinado.

REFERENCIAS

- Alvarado, G. y W. Pérez. 1998. The Doán formation (Pliocene) of Costa Rica: an overview on its description, origin, lateral, equivalents, and further implications on the closing of the Central America seaway. Sixth International Congress on Pacific. Editors Susumu Nishimura and Ryvichi Tsuchi. Kyoto Institute of Nature History. Kyoto, Japan. 150–167 p.
- Badilla, E.; L. Abarca y H. Zúñiga 1999. Geología de Navarro y alrededores, Provincia de Cartago, Costa Rica. Informe Campaña Geológica 1999. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 100 p.

- Bolos et al. 1992a. Manual de ciencia del paisaje. Antecedentes. Capítulo 1. Primera edición. Editorial MASSIN, S.A. Barcelona, España. 3-11 p.
- Bolos et al. 1992b. Manual de ciencia del paisaje. La evolución o arqueología del paisaje. Capítulo 14. Primera edición. Editorial MASSIN, S.A. Barcelona, España. 191-203 p.
- Bolos et al. 1992c. Manual de ciencia del paisaje. Estudios de paisajismo. Capítulo 15. Primera edición. Editorial MASSIN, S.A. Barcelona, España. 3-11 p.
- CNE. 2003. Informe sobre el deslizamiento ocurrido el 19 de junio del 2003, en la cuenca del Río Granados. Informe Técnico. Comisión Nacional de Emergencias. San José, Costa Rica. 6 p.
- CNE. 2005. Síntesis del deslizamiento sobre el Río Granados, a causa de la reactivación el pasado 24 de octubre. Informe Técnico. Comisión Nacional de Emergencias. San José, Costa Rica. 9 p.
- Cortés, V. 2008. Discrepancias entre uso actual y potencial de las laderas del Valle de Orosi. En Revista Reflexiones 87 (2). Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 91-110 p.
- ICE. 1998. Plan de manejo de la cuenca del Río Reventazón. Anexo A 2 a, Geología y Sismología. San José, Costa Rica. 44 p.
- ICE 2002. Informe de deslizamientos en el Valle de Orosi y Tilarán y acciones realizadas. Oficina de Estudios Básicos e Ingeniería, Área de Hidrología. San José, Costa Rica. 6 p.
- ICE. 2004. Estaciones meteorológicas Casa de Máquinas Río Macho, Muñeco, El Llano y Río Macho Cachí. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica.
- ICT. 2004. Plan de desarrollo turístico de unidad. Valle Central-Sector Cartago. Dirección de Planeamiento y Desarrollo. Instituto Costarricense de Turismo. San José, Costa Rica. 139 p.
- IGN. 1963. Hoja topográfica ISTARU, escala 1:50000. Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
- IGN. 1963. Hoja topográfica TAPANTI, escala 1:50000. Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
- IMN. 2004. Estaciones meteorológicas T-Seis, Sitio Presa, Tapantí y Dos Amigos. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica.
- INEC, 2017. Estimaciones y proyecciones de la población. Instituto Nacional de Estadística y Censos. San José, Costa Rica. Consultado en: <http://www.inec.go.cr/poblacion/estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion>
- Mora, S.; M. Valdés y C. Ramírez. 1989. Los deslizamientos del 2 de julio en el Cerro Doán: sus causas y consecuencias. Memoria del III Congreso Nacional de Recursos Hídricos, 15, 16 y 17 de Noviembre. Vol. 9 N° 3. Asociación Costarricense de Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental. San José, Costa Rica. 15-25 p.
- OSMLab, DigitalGlobe-Standard. 2018. Imágenes de DigitalGlobe-Standard. Tomado de: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/DigitalGlobe>. Consultado el 31 de marzo de 2018.
- Salazar, L. 1992. Comportamiento torrencial de los ríos Naranjo, Zapote y Oro. Cachí, Paraíso (Cartago, Costa Rica). Tesis de Licenciatura en Geografía. Departamento de Geografía, Universidad de Costa Rica. 181 p.
- Sojo et al. 2017. Geología del cuadrante Tapantí (1:50000), Costa Rica. Revista Geológica de América Central 56. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 83 – 116 p.