

LetrasVerdes

REVISTA DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS SOCIOAMBIENTALES FLACSO - ECUADOR

www.flacsoandes.org/letrasverdes

Edición 117-11

ISSN 1790-4491

Mayo 2012



DOSSIER:

Deslizamientos complejos. San Antonio de Pasqua, Siquirres, Costa Rica

Incendios forestales en el DMQ: conocimiento e intervención pública del riesgo

Riesgos antrópicos generados por la actividad minera

ACTUALIDAD:

TIPNIS: ¿Un conflicto ambiental o de territorio?

Riesgo de desastres
Contextos urbanos en
América Latina



Créditos

FLACSO Sede Ecuador

Director:

Adrián Bonilla

Coordinador del Programa de Estudios Socioambientales:

Teodoro Bustamante

Revista Letras Verdes

www.flacsoandes.org/letrasverdes

Coordinador:

Nicolás Cuvi

Editores:

David Cáceres Bayona, Estefanía Martínez Esguerra, Hugo Lasso Otaña, Milena Espinosa Manrique

Comité Asesor:

Alberto Acosta, Anita Krainer, Guillaume Fontaine, Ivette Vallejo, María Cristina Vallejo, Teodoro Bustamante

Coordinadores del Dossier "Riesgo de Desastres: Contextos Urbanos en América Latina":

Alexandra Vallejo, Marco Córdova

Colaboraron en este número:

Carla Rodas, Grettel Navas, Jorge Plazas, Martín Bustamante

Nuestra portada

"Foto en la avenida Juan de la Luz Enríquez"

Tomada en Tlacotalpan, México, 2011.

Inundación producida por el desbordamiento del río Papaloapan.

Autor: *Santiago Alberto Molina*

FLACSO Ecuador
La Pradera E7-174 y Diego de Almagro
PBX: (593-2)3238888, ext. 2611
Fax: (593-2)3237960
<http://www.flacsoandes.org/letrasverdes>
letrasverdes@flacso.org.ec
www.flacso.org.ec
Quito, Ecuador

Letras Verdes es un espacio abierto a diferentes formas de pensar los temas socioambientales. Las opiniones vertidas en los artículos son de responsabilidad de sus autores.



Índice

Editorial

Riesgos urbanos en América Latina	1-3
<i>Marco Córdova y Alexandra Vallejo</i>	

Dossier

Deslizamientos complejos que afectan a la población de San Antonio de Pascua, Siquirres, Costa Rica	4-26
<i>Giovanni Peraldo, Elena Badilla, Johanna Camacho, María Lourdes Morera, Ignacio Chávez, Wagner Valverde y Dennis Sánchez</i>	
Incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ): Conocimiento e intervención pública del riesgo	27-52
<i>Jairo Estacio y Nixon Narváez</i>	
Riesgos antrópicos generados por la actividad minera	53-63
<i>Anita Argüello Mejía, Enriqueta Cantos Aguirre y Jorge Viteri Moya</i>	
El Estado como generador de riesgos: el caso de Ecuador	64-72
<i>Lorena Cajas</i>	
Los eventos morfoclimáticos en el DMQ: una construcción social y recurrente	73-99
<i>Jairo Estacio y Gabriela Rodríguez Jácome</i>	
Foto reportaje - El volcán Tungurahua	100-111
<i>Borja Santos Porras</i>	

Actualidad

TIPNIS ¿Un conflicto ambiental o de territorio?	112-122
<i>Verónica Barroso Mendizábal</i>	

Deslizamientos complejos que afectan a la población de San Antonio de Pascua, Siquirres, Costa Rica

Complex landsliding processes affecting San Antonio de Pascua, Siquirres, Costa Rica

Giovanni Peraldo, Elena Badilla, Johanna Camacho, María Lourdes Morera, Ignacio Chávez, Wagner Valverde Y Dennis Sánchez

Giovanni Peraldo es Profesor de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica, Máster en Geografía por la misma universidad. gperaldo@geologia.ucr.ac.cr

Elena Badilla es Profesora de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica, obtuvo su maestría en el ITC de Holanda en el campo de la Geoinformación y Sensores Remotos aplicados al Estudio de Amenazas Naturales.

Johanna Camacho es Geóloga egresada de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica y labora actualmente en el ICE.

María Lourdes Morera es Geóloga egresada de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica y labora actualmente en la empresa privada en el campo de la investigación geológica para desarrollos hidroeléctricos.

Ignacio Chávez es Geólogo egresado de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica, labora actualmente para la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) de Costa Rica.

Wagner Valverde es egresado de Geología de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica, actualmente labora para la Sección de Geotecnia de la Escuela de Geología.

Dennis Sánchez es Geólogo egresado de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica, labora actualmente en Geología Minera para la Corporación Minera Dominicana (CORMIDOM).

Fecha de recepción: 1 de Noviembre de 2011

Fecha de aceptación: 6 de Febrero de 2012

Resumen

Este trabajo tiene como propósito describir, mediante reconocimiento de campo y fotointerpretación, el área compleja de remoción en masa de San Antonio de Pascua, en el cantón de Siquirres, Provincia de Limón. Debido a este proceso complejo de remoción en masa, la población de San Antonio de Pascua se ve afectada en su desarrollo futuro a nivel de infraestructura, producción primaria, entre otros. Aún cuando es una población rural, podría tener un proceso de desarrollo acelerado debido a los cambios que provocaría la construcción de un proyecto hidroeléctrico de gran tamaño por parte del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), por lo que hay que prevenir desde ahora un desarrollo desadaptado a las características adversas del medio. Asimismo, se plantea la preocupación sobre la construcción del embalse de la obra hidroeléctrica proyectada por el ICE cerca del área, pues esta obra podría desequilibrar el medio en cuanto a aguas subterráneas y acelerar procesos de remoción en masa en el área de estudio y sus alrededores.

Palabras clave. Deslizamientos, geomorfología, usos de la tierra, Pascua.

Abstract

The complex landsliding area located in San Antonio de Pascua, in the canton of Siquirres, Province of Limón, is being described based on photointerpretation and field observations. The future development of this community, in terms of infrastructure, primary production, among others, is being affected due to this complex mass movement processes. Even though this is a rural area, it may experience an accelerated development process due to the changes related to the construction of a large hydroelectric project by the Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). An unplanned development, without considering such adverse environmental characteristics, must be prevented. The construction of this reservoir planned by ICE near the area is also a concern, as this work could unbalance the environment in terms of groundwater and accelerate mass removal processes in the study area and its surroundings.

Key words. Landslides, geomorphology, land use, Pascua.

Introducción

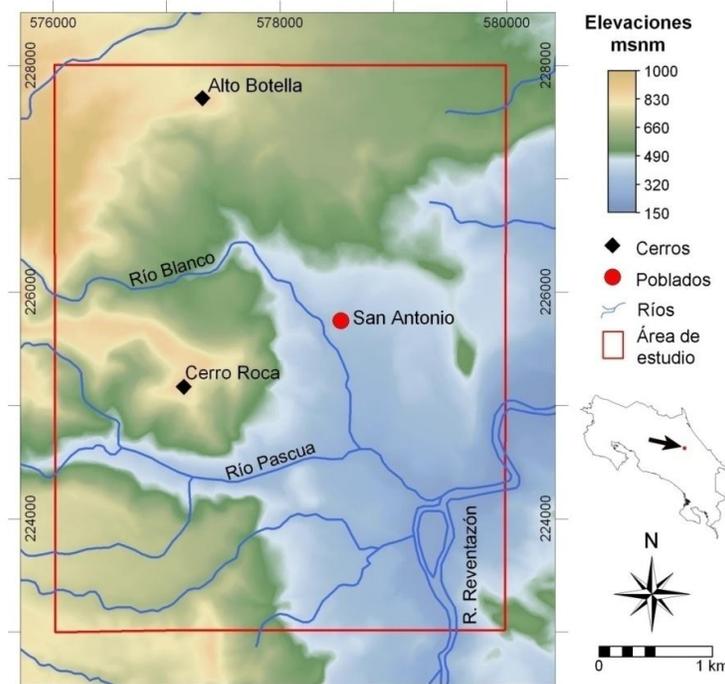
Un deslizamiento es un movimiento en masa de suelo o roca, o ambos, que se desliza con respecto a una zona estable a través de una o varias superficies de ruptura que pueden ser desde planos de buzamiento o diaclasas, hasta planos de fallas. También puede ser que inicialmente no se defina el plano de ruptura y el proceso se origine por la presencia de un sustrato muy plástico, y que el movimiento de bloques sobre este sustrato ejerza esfuerzos al entorno y la falla del terreno pueda generarse después, lo que generaría un proceso complejo de inestabilidad. Desde el punto de vista económico, un deslizamiento provoca una profunda transformación en las personas afectadas, sea por pérdida de familiares o de bienes materiales y, a nivel del Estado, la pérdida de infraestructura primaria. Desde el punto de vista psicológico un deslizamiento destruye la cotidianidad de las personas, porque provoca profundas transformaciones en la memoria histórica, en el paisaje del área, y eso incide en las raíces de la persona, de una familia o de una comunidad.

No cabe duda, que la coincidencia de factores influyentes tales como las condiciones físicas y mecánicas de las rocas, pendientes del terreno, tipo de suelos, historia de movimientos en masa, insuficiente vegetación, precipitaciones máximas, sismicidad, disposición espacial de rocas y vibraciones artificiales inducidas, sumadas a la actividad antrópica representada preferiblemente en el uso inadecuado de la tierra y actividades no planificadas y desadaptadas al medio, contribuyen al desarrollo de nuevos procesos de inestabilidad de laderas (flujos de escombros, erosión concentrada, reptación, entre otras) con serias repercusiones en la infraestructura física y socioeconómica.

En Costa Rica existen áreas con una importante inestabilidad de laderas. Entre ellas, se reconocen las laderas existentes en el margen oeste del río Reventazón, entre los cantones

de Turrialba (provincia de Cartago) y Siquirres (Provincia de Limón), específicamente el tramo de carretera desde el sector de Las Ánimas hasta San Antonio de Pascua que corresponden con las hojas topográficas Tucurrique y Bonilla, escala 1:50000 del Instituto Geográfico Nacional - IGN. En este artículo se describe el área de remoción compleja de San Antonio de Pascua, del distrito de Florida, cantón de Siquirres (ver Mapa N.º 1), ubicada entre las coordenadas Lambert Costa Rica 576000-580000 E/223000-228000 N.

Mapa N.º 1 Ubicación geográfica



Fuente: Elaboración propia.

La inestabilidad de laderas existente en el área investigada ha significado un problema para el desarrollo socioeconómico del lugar, porque los deslizamientos representan su freno natural. Históricamente, el proceso de movimiento del terreno ha afectado plantaciones, áreas de ganado e infraestructura importante como fue la línea férrea y el oleoducto de la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), además de viviendas, caminos, puentes y tendidos eléctricos. La situación en la actualidad es manejable por el hecho de que la población es pequeña, rural, con caseríos localizados en la margen oeste del río Reventazón que crecieron al calor de la construcción y funcionamiento del Ferrocarril al Caribe. Los habitantes de estas poblaciones, aparte de dedicarse a la producción primaria, daban prestación de servicios al ferrocarril –desde alimentación a los viajeros hasta personal para el mantenimiento de la vía férrea y de la infraestructura asociada-, además, de las actividades propias como campeonatos de fútbol, bailes, festejos populares, entre otros,

hasta la década de 1990 cuando el gobierno del presidente Figueres Olsen (1994-1998), mediante una decisión arbitraria, clausuró el servicio ferrocarrilero en el país. Esto provocó que, de manera rápida, se transformara la dinámica de las comunidades y entre ellas, algunas fueron diezmadas, tales como Bonilla Abajo, Peralta y San Antonio de Pascua, tal como lo expresan diversos vecinos y personas relacionadas con esas localidades.

Actualmente, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) construye una represa hidroeléctrica aprovechando el caudal del río Reventazón (ver contorno aproximado del embalse en el área de estudio en el Mapa N.º 1). El Proyecto Hidroeléctrico Reventazón (PHR) es de gran importancia para el país, para atender la demanda de energía que se prevee en Costa Rica, por lo que se desea construir un embalse de una capacidad útil de 97 hm³ y un área de 11 km². Este volumen sería contenido mediante una presa de enrocadura con pantalla de hormigón (ICE, 2008).

El PHR obviamente dará una oportunidad de desarrollo local de importancia, más cuando el proyecto podría atraer turistas nacionales y extranjeros que, es de esperar, desarrollaría un “boom” de construcción de infraestructura para proporcionar servicios básicos a los visitantes, así como la construcción de complejos urbanos. Todo esto reactivaría en el área el mercado de tierras y su uso pasaría de agroproductor a turístico y urbano en un tiempo relativamente corto, tal como ha ocurrido en los alrededores de los embalses que se han construido en Costa Rica para fines hidroeléctricos, tales como Cachí en Orosi – Ujarrás, de la provincia de Cartago y el embalse de Arenal en las provincias de Guanacaste y Alajuela. Pero a su vez, disparará automáticamente los niveles de riesgo debido a los grandes deslizamientos complejos existentes y que podrían reactivarse, de no tomarse en consideración esos procesos naturales en las propuestas de desarrollo para el área. Aún cuando el tema del presente “dossier” es el riesgo en espacios urbanos, pensamos que este ejemplo contribuye a establecer una visión de prevención, en el tanto un área rural puede dejar de serlo en un corto o mediano plazo, y como en el presente ejemplo, podría aumentar seriamente los niveles de riesgo.

Debido a lo anterior, el objetivo de la investigación es mostrar la importancia de considerar las áreas de remoción en masa, desde un enfoque de sistema, que enfatizen las consecuencias, sean estas positivas o negativas, de la interacción de todos los elementos naturales o antrópicos que deban coexistir en un territorio. Esto permite la toma de decisiones enfocadas a la mitigación y/o prevención del riesgo ante los procesos de remoción en masa existentes en el lugar y ante posibles desarrollos acelerados futuros de infraestructura. El presente artículo describe algunos de los deslizamientos ubicados en las cercanías del área a embalsar. Como toda investigación, esta tuvo sus factores limitantes, tales como las características climáticas, la lejanía del área y el estado de las vías de acceso.

Antecedentes

La geología y los procesos de remoción en masa del sector de Pascua han sido abordados desde diferentes estudios, de manera directa o indirecta. Fernández (1987) describe las formaciones geológicas aflorantes en el área de estudio y los deslizamientos asociados a

ciertas formaciones. Linkimer (2003) realiza un análisis neotectónico regional y menciona dichos procesos de remoción en masa. Segura (2009) y Segura et al. (2011) describen de manera regional los deslizamientos del tramo entre Jesús María y La Alegría, como parte de su estudio de vulnerabilidad del poliducto de la Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE).

La Campaña Geológica de la Escuela Centroamericana de Geología de 1996 estudió el margen este del río Reventazón; no obstante, también en dicho margen fueron evidenciados deslizamientos de importancia. En este particular, Pérez (1996) describe que la mayor amenaza que tiene el área es por deslizamientos y Rojas (1996) menciona que el tramo Alto de Guayacán hasta Siquirres es el más afectado por dichos procesos.

Trabajos históricos sobre los deslizamientos que afectaron de una u otra forma la obra del ferrocarril al Caribe son los de Peraldo y Rojas (1998), que describen la problemática que acarrió la inestabilidad de laderas al funcionamiento normal del antiguo ferrocarril al Caribe, así como Peraldo y Rojas (2000, 2003), quienes realizan un catálogo de deslizamientos históricos y lograron contabilizar 120 eventos de deslizamientos reportados en el área de Bonilla.

ICE (2008) describe los deslizamientos del área, tales como los ocurridos en San Antonio de Pascua. Refiere que actualmente están activos y el movimiento de laderas ocurre en los depósitos no consolidados producto de la erosión intensa en los frentes montañosos, los materiales generados a partir del proceso erosivo son depositados sobre estratos de areniscas meteorizadas buzantes al Sur.

Metodología

La metodología para el desarrollo de esta investigación, se dividió en varias fases que toman en cuenta tanto el trabajo de campo como de oficina. En la fase de oficina se realizaron las siguientes actividades: 1) recopilación de información disponible, revisión de investigaciones realizadas para el área de estudio. 2) análisis de las fotos aéreas de los proyectos Terra 1998 y CARTA 2005, a partir de las cuales se hizo una descripción y un inventariado, con el objetivo de identificar las diferentes áreas de inestabilidad de laderas. 3) revisión en la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) información ambiental para el PHR.

La fase de trabajo de campo se realizó en su mayoría, en los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2009 además se efectuaron más giras de campo en los años siguientes con el fin de analizar nuevas evidencias de movimientos de laderas. Esta fase consistió en: 1) recolección de información geológica relacionada con las formaciones geológicas aflorantes, la dinámica del área, en afloramientos de relevancia, así como información geomorfológica en sectores clave para interpretar los deslizamientos e identificar rasgos característicos más relevantes y 2) entrevistas a habitantes del área de estudio, con el fin de recuperar la memoria histórica sobre el tema de los deslizamientos.

Contexto geológico y tectónico

La geología del área está conformada por formaciones sedimentarias del Mioceno y Pleistoceno, tales como Uscari y Suretka, y por formaciones volcánicas del Pleistoceno, como el caso de Andesitas Poás.

La formación Uscari, definida por Olsson en 1922, corresponde a una secuencia de lutitas arcillosas. Taylor (1975) la describe como una unidad constituida por lutitas arcillo-limosas, pobremente endurecidas y con abundancia de foraminíferos plantónicos. Tiene estratificación milimétrica a decimétrica, rica en foraminíferos bentónicos y plantónicos, ocasionalmente bivalvos, gasterópodos, erizos, ostras y dientes de tiburón. Se formó en ambiente nerítico y de edad de Mioceno Medio a Superior (Cervantes, 2006). En el área de estudio, está constituida por lutitas friables de color verdoso, intercaladas con areniscas finas y calcarenitas. La Fotografía N.º 1 muestra una secuencia estratificada de la formación Uscari en las coordenadas 578585 E/224990 N, que corresponde al lugar donde se localiza el puente sobre el río Blanco a la entrada de San Antonio de Pascua.

Fotografía N.º 1

**Secuencia de la Fm Uscari, areniscas finas y lutitas, coordenadas 578585 E/224990 N.
Río Blanco, Pascua**



Nota: La flecha indica el techo de la secuencia sedimentaria.

Fuente: Giovanni Peraldo.

Además, la formación Uscari se presenta en algunos sectores como una unidad compuesta de areniscas finas y lutitas, que al meteorizarse presentan tonos azules y cafés, y que muestra un comportamiento plástico, por lo que podrían fluir con facilidad si se les somete a esfuerzo. Además, se observa el contacto de Uscari subyaciendo a lavas fracturadas en las

coordenadas 577383 E/227097 N, con una dirección de buzamiento Wf/55°. En el punto 578611 E/225024 N se midieron estratos con buzamientos de S24E / 6° y S28E / 8°.

Espinoza (2012) en su tesis de licenciatura en Geología, defendida públicamente en diciembre de 2011, asocia las areniscas que afloran en el sitio a la formación Río Banano usando como criterio la existencia de formaciones de caliza que afloran en el área. Sin embargo, para efectos de geodinámica externa, ambas formaciones Uscari y Río Banano son un factor litológico adverso a la estabilidad de laderas cuando las rocas de esas formaciones meteorizan.

La formación Suretka está formada a raíz del levantamiento de la Cordillera de Talamanca y de la colmatación de la Cuenca de Limón. Está constituida principalmente por conglomerados formados en un ambiente continental. En el área de estudio es masiva, con algunas lentes de areniscas medias. En el punto 577204 E/226842 N, esta formación tiene la apariencia de un conglomerado con mala selección y clastos redondeados de aproximadamente 20 centímetros de diámetro. En las coordenadas 577267 E/226873 N, fue observada Suretka sobreyaciendo a la formación Uscari, mientras que en el punto 577204 E/226842 N, el contacto se da entre el conglomerado y unas brechas, posiblemente relacionadas con la formación Suretka, sin que quede clara la relación estratigráfica entre ambas litologías.

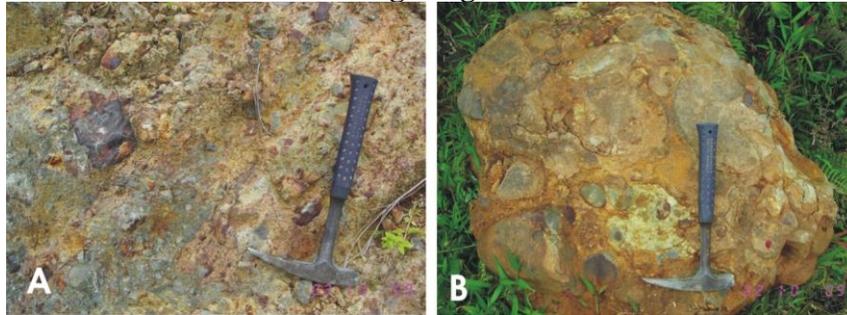
En las coordenadas 577384 E/227670 N aparece una brecha fina con bloques flotantes de lavas sanas que presentan diferentes texturas, algunas de ellas son masivas y otros fragmentos son de lavas escoriáceas. El tamaño promedio de los granos es de 3 cm. Pocos presentan contactos puntuales. Subyace a la brecha fina los conglomerados gruesos típicos de la formación Suretka, de lavas andesíticas y basálticas, producto de la erosión de la cobertura volcánica. La Fotografía N.º 2 muestra la apariencia de la formación Suretka en el área de estudio.

Las rocas volcánicas presentes en el área de estudio, corresponden con lavas andesíticas probablemente pertenecientes al conjunto de coladas del Macizo Irazú-Turrialba.

En cuanto al ambiente tectónico, ya han sido cartografiadas y estudiadas desde la neotectónica, las fallas Atirro, Juan Viñas, Tucurrique, Turrialba, Aquiares, Pejibaye y Chirripó. Linkimer (2003) calcula que por su extensión, estas fallas tienen un potencial sísmico que podría originar sismos de 4,8 hasta 6,8 Mw. Estos valores son relevantes, pues representan un factor de disparo de importancia para los deslizamientos estudiados.

En julio de 1993 se desata una fuerte actividad sísmica en el sistema de fallas Simarí, ubicado al sur de la comunidad de Pejibaye. El evento principal tuvo una magnitud de 5,3 en la escala Richter y fue seguido por muchos temblores con magnitudes de hasta 4,9. (Barquero y Peraldo, 1993; Climent et al., 2005).

Fotografía N.º 2 Formación geológica Suretka



Nota: Obsérvese los clastos semiredondeados de lavas con una selección de moderada a pobre. En A) se muestra in situ y en B) un bloque caído.

Fuente: Giovanni Peraldo.

Sin embargo, no hay referencias de que ese sismo generara efectos en San Antonio de Pascua, tal como lo refiere don José Joaquín Ramírez Mata, vecino entrevistado del lugar. En la Tabla N.º 1 se muestran los datos de varias fallas medidas en el área de estudio. Se cartografió en el Mapa N.º 2 la última falla de la Tabla N.º 1, pues coincide con facetas triangulares.

También se han originado sismos de profundidad intermedia que han afectado al cantón de Turrialba. Tal es el caso del terremoto de Turrialba (19-11-1948), que tuvo una magnitud de 7,0; sin embargo, por ser un sismo que ocurrió a una gran profundidad (80 km), generó pocos daños en la ciudad de Turrialba y en las comunidades aledañas (Linkimer, 2002).

Tabla N.º 1
Fallas medidas en el área de estudio

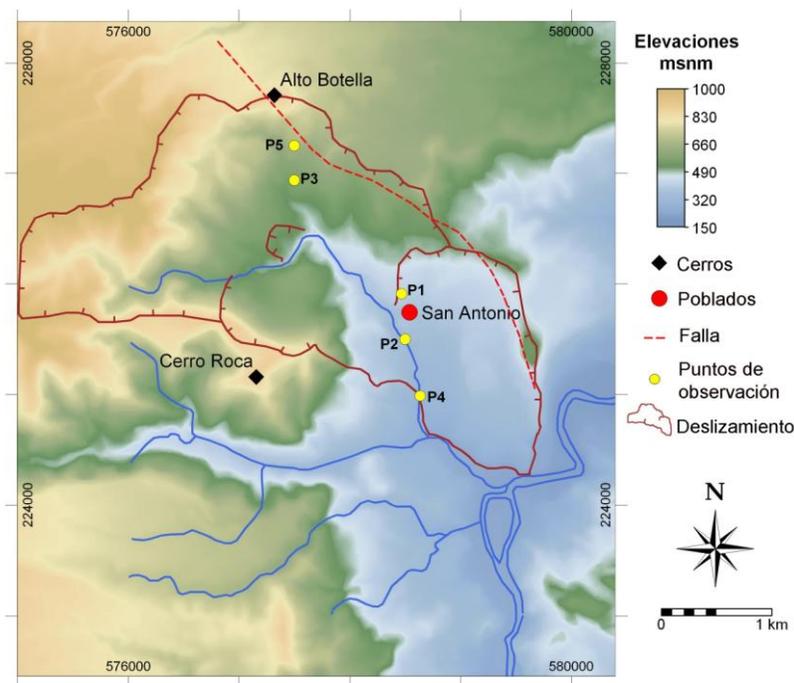
Coordenadas	Inclinación de la falla	Rake	Movimiento	Peso
577384 E/227070 N	65° S 30° W	40° SE	Oblicua normal	
577407 E/227108 N	60° S 35° W	R 90°	Normal	3
	60° N 80° W	R40° S20°W	Oblicua normal	
577505 E/227099 N	70° N 45° W	72° NE	Normal	
	80° N 28° W	30° N 80° E	Normal	
	75° Ef	40° Sf	Plano bien definido	3
577385 E/227670 N	65° S30°W	40° SE	Oblicua normal	1

Fuente: Elaboración propia.

Geomorfología

La geomorfología del área es el resultado de un complejo proceso de remoción en masa, que hemos denominado “remoción compleja”, caracterizada por procesos de deslizamiento que afectan a otros anteriores. Se observan en el área diferentes escarpes de erosión, colinas diseminadas, agrietamientos y cárcavas por erosión concentrada, bloques basculados, áreas cenagosas, entre otras. Muchas de las formas sugieren procesos de fluidez, otros de caída, es posible que se originen procesos de hincamiento y se está estudiando en la actualidad, todo lo cual logra la construcción de una morfología caótica y compleja. No son claramente identificables los distintos deslizamientos en el campo, debido a que en ocasiones los límites entre ellos se pierden, lo que complica más el análisis de las áreas de remoción en masa del lugar. Sí es de notar direcciones preferenciales hacia los ríos Blanco y Reventazón. Según rasgos geomorfológicos principales fotointerpretados, se determinó que el área estudiada está dentro de coronas principales y laterales bien definidas de ± 2 km de largo (ver Mapa N.º 2). La dirección preferencial del movimiento es hacia el SE; sin embargo, se observaron áreas con otras direcciones de movimiento, por ejemplo sectores en donde dicha dirección es al S20°W. Esto demuestra la complejidad del área de inestabilidad de laderas estudiada.

Mapa No. 2
Área de influencia del complejo de deslizamientos de San Antonio de Pascua



Nota: Los puntos de observación se refieren en el texto después de las coordenadas correspondientes.

Fuente: Elaboración propia.

De los escarpes internos localizados, se ubican varios de pendiente moderada a fuerte con cobertura vegetal de pastizales, árboles dispersos y disectados por pequeños cauces de ríos o quebradas. Algunos escarpes se asocian a la parte proximal, desde donde actualmente se está generando el movimiento o desprendimiento de los materiales. Otros representan antiguas coronas de deslizamiento, esto por la importante cobertura vegetal presente. Se ubican principalmente al Sur de San Antonio. Hacia el norte de esa localidad, se presentan muy disectados por un patrón de drenaje caótico.

Las áreas sujetas a remoción en masa representan aquellas áreas con fuerte evidencia de movimiento y desprendimiento de materiales y que, en algunos casos, se muestran como cicatrices de deslizamientos antiguos, pero que igualmente representan una amenaza latente para las comunidades cercanas. Muestran características morfológicas tales como desprendimiento de materiales, ondulaciones en el terreno, relieves caóticos, grábenes con ciénegas, lagos de represamiento o de surgencia de aguas subterráneas, bloques basculados en áreas influenciadas por rupturas curvas de deslizamiento, que permiten que los bloques movilizados se inclinen en sentido contrario hacia donde se dio el movimiento y forman contraescarpes que actualmente están erosionados, erosión en surcos, entre otras evidencias de movimientos recientes de terrenos (ver Fotografía N.º 3).

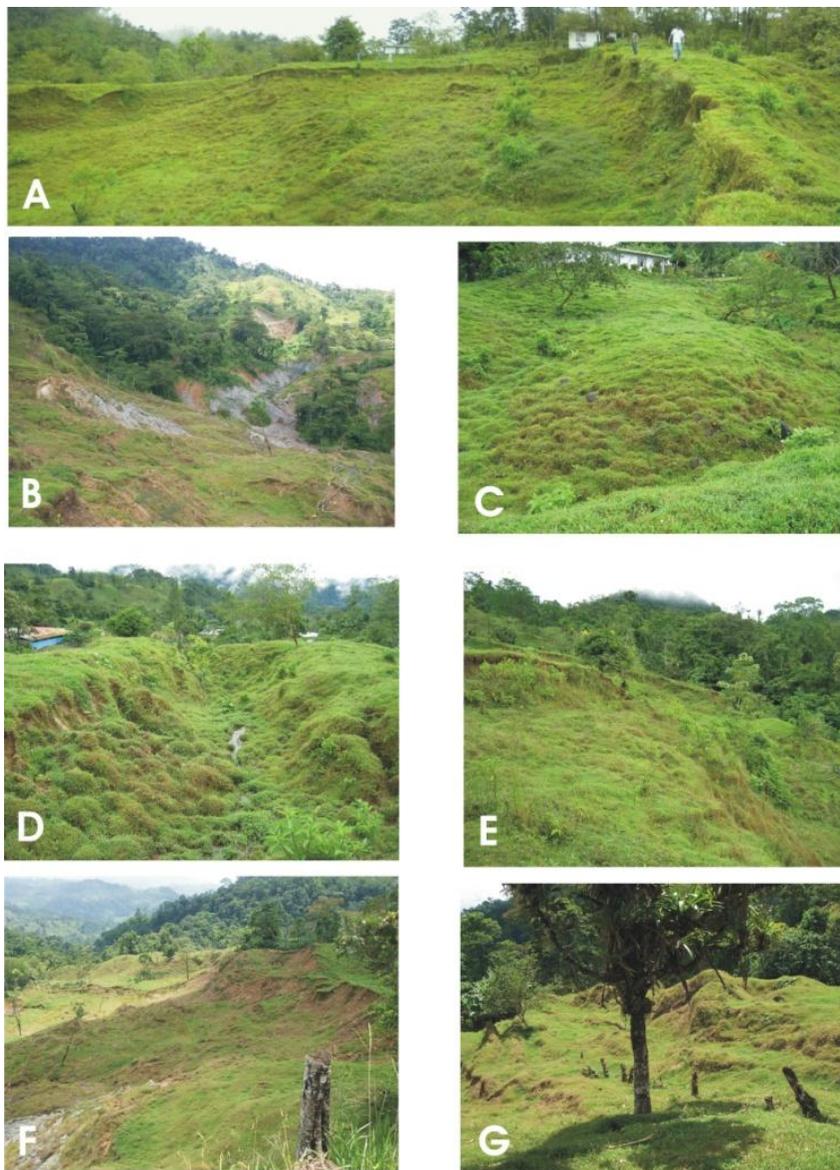
Los depósitos de deslizamientos exhiben una morfología con pendientes suaves, con pequeñas ondulaciones y algunas presentan forma de abanico, en función de la morfología previa del espacio ocupado por el material (ver Fotografía N.º 3). Estos depósitos generalmente son de poca pendiente, en los que se localizan ciénegas, patrones en surcos y pequeños cauces de manera caótica e irregular.

Estos depósitos se componen de materiales de organización caótica. Su granulometría es asimismo caótica, pues aún cerca de los ríos Blanco y Reventazón, suelen localizarse bloques grandes transportados posiblemente por flujos densos.

El proceso de remoción en masa y la amenaza asociada

Los deslizamientos complejos existentes en el área de estudio se transforman en amenazas potenciales para el desarrollo socioeconómico de las comunidades asentadas sobre o en las inmediaciones de estos deslizamientos. En las coordenadas 578470 E/225913 N (P 1 en el Mapa N.º 2) se observa un área de una hectárea aproximadamente, que corresponde con un deslizamiento que afectó directamente una vivienda actualmente abandonada y que se observa a la izquierda de la foto A en la Imagen N.º 1. El deslizamiento tiene una dirección preferencial hacia el Sur. Al pie del deslizamiento discurre una quebrada que lo separa de la población de San Antonio y que eventualmente podría contener raquíticamente materiales que se deslicen de la ladera (Imagen N.º 1). También han sido afectados por los movimientos del terreno, caminos y viviendas en y cerca del centro de San Antonio (ver Fotografía N.º 4). Este sector de movimiento intenso se ubica en las coordenadas 578500 E/225500 N (P 2 en el Mapa N.º 2).

Fotografía N.º 3 Formas de remoción en masa

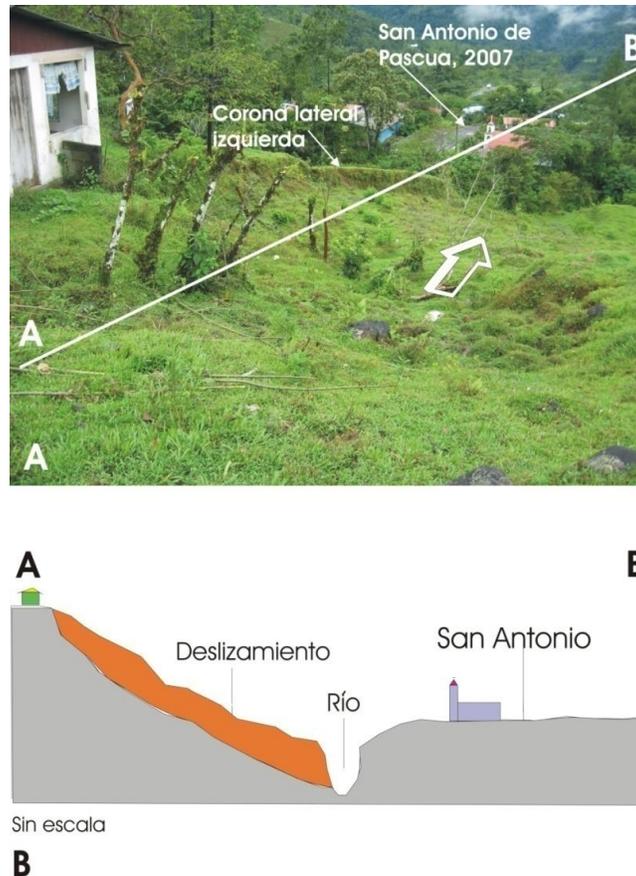


Nota: A) corona principal y área interna de movimiento; B) Áreas de remoción intensa; C) Lóbulo de un flujo de escombros y lodo; D) Cárcava que aprovechó una fisura en el deslizamiento; E) Coronas en retroceso; F) Corona; G) Formas dentro del área del deslizamiento.

Elaboración propia.

Fuente (fotos): Giovanni Peraldo.

Imagen N.º 1
Deslizamiento en coordenadas 578470 E/225913 N (P 1 en el Mapa N.º 2)



Nota: A) muestra la corona y la vivienda afectada. La flecha blanca indica la dirección del movimiento. Al fondo se observa la población de San Antonio. B) Muestra un esquema sin escala, donde se presenta la situación de peligrosidad para la población de San Antonio.

Fuente: Elaboración propia.

En los sectores más altos del área de estudio, se evidenciaron acumulaciones de agua, junto a la reptación e inestabilidad del terreno, lo que favorece en gran medida los movimientos de remoción en masa. Desde hace 30 años hubo movimientos verticales en varios sectores del centro de San Antonio. Sin embargo, recientemente una de las laderas cercanas a este poblado y localizadas en las coordenadas 577499 E/226938 N (P 3 en el Mapa N.º 2), se deslizó durante una noche (aprox. 6 horas). El mecanismo disparador correspondió con precipitaciones muy intensas en el año 2007 (I. Araya, 14 de septiembre de 2009). Esto demuestra la alta movilidad de las laderas del área de estudio y el peligro que representan para los moradores del lugar.

Fotografía N.º 4
Área muy activa (P2 en el Mapa N.º 2)



Nota: A) vivienda afectada en sus elementos estructurales. B) Deslizamiento que muestra una corona que forma un pequeño escarpe en la vía de acceso a la población de San Antonio.

Fuente: Giovanni Peraldo.

Ese sector presenta diferentes elementos morfológicos tales como la existencia de escarpes, algunos de ellos sutiles, que corresponden con la corona principal y lateral (ver Fotografía N.º 5, fotos A y B), los cuales muestran desplazamientos verticales importantes del orden métrico a decamétrico; áreas de baja pendiente que corresponden con materiales en movimiento, con gran cantidad de agua y que pueden interpretarse como zonas temporales de depósito de la masa movilizada (ver Fotografía N.º 5, fotos C, D y E). El frente o pie del deslizamiento descansa temporalmente en la vega derecha de una quebrada muy activa, que desde su nacimiento presenta áreas inestables que generan flujos densos, que socavan el frente del deslizamiento y permiten su constante movimiento (ver Fotografía N.º 5, foto D). La foto F (Fotografía N.º 5) corresponde con una laguna formada en el sector deprimido de un bloque basculado, El agua puede provenir de los niveles freáticos cortados durante el proceso o bien, por acumulación del agua meteórica.

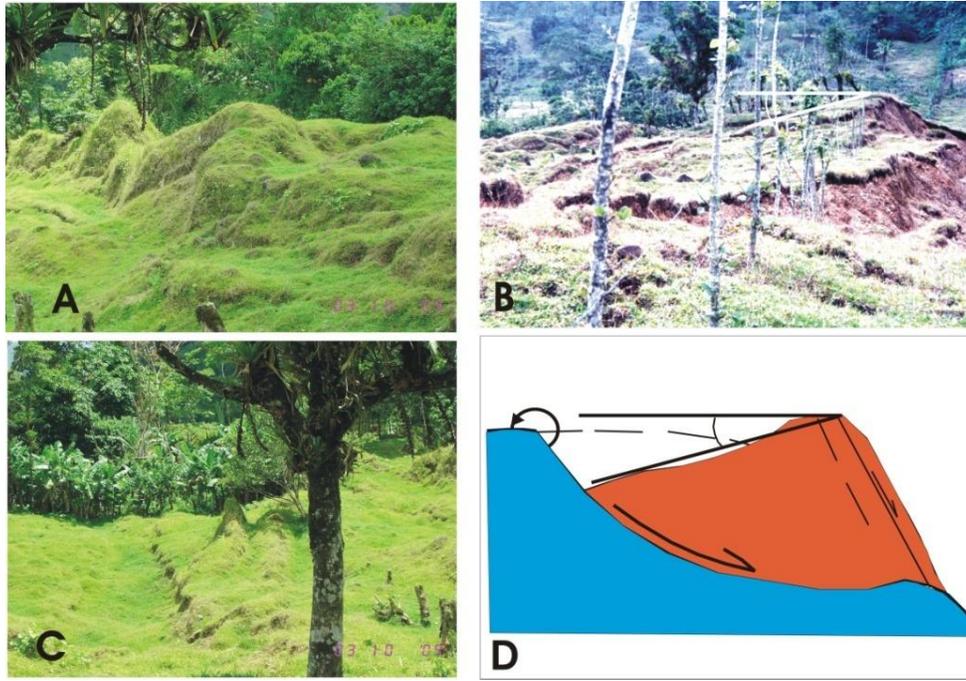
Fotografía N.º 5
Diferentes vistas del deslizamiento en las coordenadas 577499 E/226938 N (P 3)



Fuente: Elena Badilla y Giovanni Peraldo.

Detrás de la corona principal del deslizamiento mostrado en la Fotografía N.º 5, la morfología sugiere un deslizamiento rotacional, debido, entre otros aspectos, a la existencia de bloques basculados, formas lineales positivas que podrían corresponder a bloques basculados fragmentados por procesos tensivos que permiten el colapso gravitatorio de bloques, lo que permite la deformación de los basculamientos (ver Imagen N.º 2).

Imagen N.º 2
Diferentes formas que se ubican en áreas de deslizamientos complejos

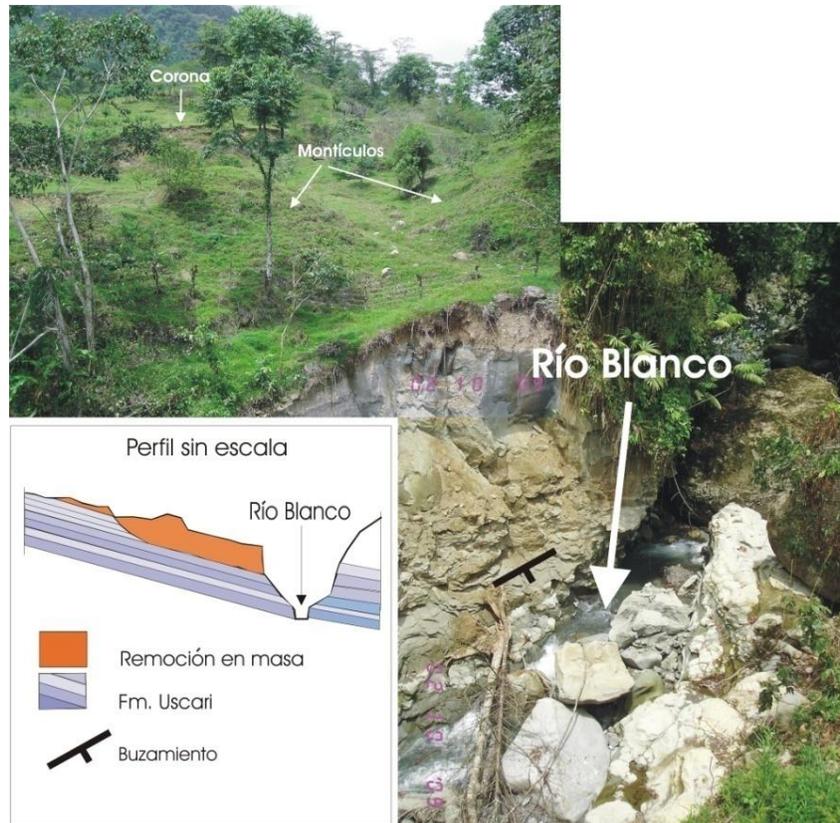


Nota: A y C) son formas resultantes de la erosión de bloques basculados. B) bloques basculados que sugieren rupturas circulares. D) es un esquema de la forma basculada a partir de una ruptura circular. Generalmente en el frente del bloque basculado se producen deslizamientos internos traslacionales.

Fuente: Elaboración propia. **Fotos:** Giovanni Peraldo.

En las coordenadas 578635 E/224990 N (P 4 en el Mapa N.º 2), se presenta otro gran deslizamiento que también conforma el área de inestabilidad compleja de San Antonio y que cae en el cauce del río Blanco. Evidencia varios episodios de movimiento representado por escarpes y algunos promontorios pequeños. Este deslizamiento afecta constantemente el puente sobre el río Blanco, y que en varias ocasiones ha dejado incomunicado a San Antonio con comunidades del cantón de Turrialba. En la Imagen N.º 3 se muestra el área afectada por el deslizamiento.

Imagen N.º 3 Deslizamiento en margen izquierda del río Blanco



Nota: Obsérvese el buzamiento de la secuencia sedimentaria correspondiente a la Fm Uscari, de tal forma que favorece el deslizamiento de la ladera hacia el lecho del río.

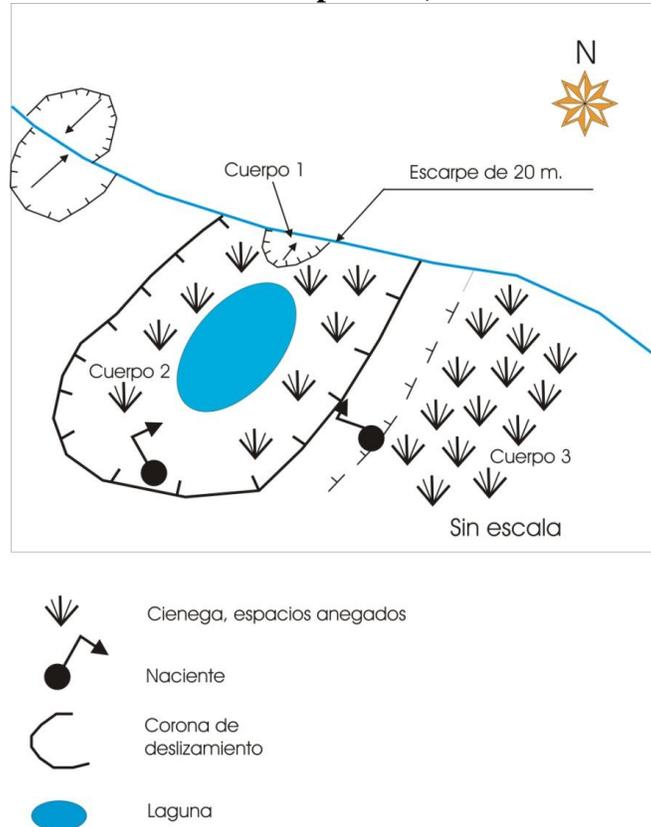
Fuente: Elaboración propia. **Fotos:** Giovanni Peraldo.

La Fotografía N.º 6 muestra un ejemplo del movimiento de laderas que ocurre en el área descrita en el croquis de la Imagen N.º 4. Se trata de laderas de fuerte pendiente que caen hacia una de las quebradas tributarias al río Blanco, lo que provoca flujos de lodo asociados.

En el Cerro Roca (ver Mapa N.º 1), también se generó un gran deslizamiento, que provocó en el año 2004 según entrevistas realizadas, un gran deslizamiento que represó por algún tiempo el río Blanco y con pérdida de ganado vacuno (ver Fotografía N.º 7).

Finalmente, en el Mapa N.º 2 se muestra el área de estudio donde se incorpora el límite del deslizamiento, dentro del cual se han podido reconocer las áreas analizadas en este trabajo. Obsérvese una de las fallas principales que alinea la corona principal NE del deslizamiento complejo de San Antonio de Pascua. El límite de esta área de deslizamientos complejos coincide con los límites geográficos de la cuenca del río Blanco.

Imagen N.º 4
Parte superior del deslizamiento Alto Botella, coordenadas 577500 E/227250 N (P5 en el Mapa N.º 2)



Fuente: Elaboración propia.

Percepción e historia

Siempre cuando se investiga un proceso geológico que afecta directamente a comunidades, es importante efectuar acercamientos con los pobladores del área, con el fin de establecer las percepciones y la historia que las personas tienen sobre el proceso que ocurre y que les afecta su cotidianidad.

Históricamente, se ha evidenciado a partir de entrevistas, que la actividad de remoción en masa está presente en el área de estudio desde hace aproximadamente 30 años:

Hace 30 años se bajaban sectores del terreno en el centro de San Antonio, cerca de la plaza y donde estaba la escuela que quitaron hace más de 40 años que era un edificio de madera. Hoy ocupada por la lechería de Edwin Araya [hijo de I.] (I. Araya, 14 de septiembre de 2009).

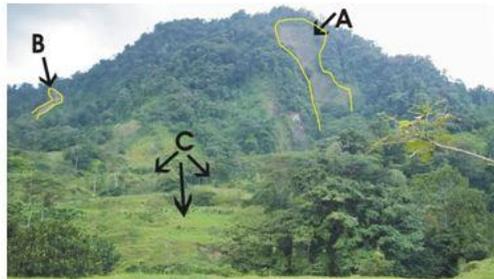
Fotografía N.º 6
Procesos de remoción en masa ubicados en la cuenca alta del río Blanco



Nota: El material deslizado forma flujos de lodo que aumentan la cantidad de sedimentos de fondo y finos que son transportados por el río Blanco hacia el río Reventazón, cerca de las coordenadas 577500 E/227250 N (P 5 en Fig.13).

Fuente: Giovanni Peraldo.

Fotografía N.º 7
Deslizamientos superficiales en el Cerro Roca, en San Antonio de Pascua



Nota: A) muestra el gran deslizamiento generado en 2004. B) señala un deslizamiento más pequeño generado entre 2010 y 2011. C) muestra diferentes formas asociadas a remoción en masa en los flancos del cerro.

Fuente: Giovanni Peraldo

Reporta, además, movimientos importantes desde el año 2004 y 2005, ocurridos en diferentes sectores de la población. Identifica el deslizamiento del punto 1 (Mapa N.º 2) como formado en 2006 como consecuencia de fuertes lluvias, actividad climática que identifica con el nombre de “...una llena muy fuerte...”. También refiere sobre el punto 3 del Mapa N.º 2 se deslizó en el 2006 “Hace 3 años se empezó a deslizar la cabecera del río como más o menos 2 hectáreas que represaron el río y se rompió la presa y bajo un flujo de lodo hace más o menos 3 años”. Refiere que este deslizamiento ocurrió en una noche, debido a intensas precipitaciones.

J. Jiménez (14 de septiembre de 2009) concuerda con el anterior entrevistado en que desde el 2004 se han generado movimientos del terreno muy fuertes en el área de San Antonio, al punto de causar interés a la Comisión Nacional de Prevención del Riesgo y Atención de Emergencias (CNE por sus siglas históricas).

Con relación a las causas de los procesos de remoción en masa, los aspectos litológicos, especialmente relacionados con las rocas sedimentarias de la formación Uscari, llaman la atención de algunos vecinos y quedan en la percepción como causal de deslizamientos, tal como lo refirió A. Brenes, quien comentó que “... la arcilla que se suaviza es lo que produce que se mueva el terreno” (14 de septiembre de 2009). Pero también la transformación del paisaje por la ocupación humana y el cambio de uso de la tierra son vistos como causales de inestabilidad. A. Brenes nuevamente interviene expresando que “...el deslizamiento se pudo haber formado por deforestación...”. I. Araya concuerda con el anterior entrevistado al señalar la deforestación como causal de inestabilidad, pero también indica que es posible que el deslizamiento haya ocurrido por un cambio en el uso de la tierra: “Lo que ocurre en esa zona se produjeron por deforestación”. Cuando el señor

Araya llegó al lugar, el terreno no tenía montaña, entonces comenzó a sembrar café y otra clase de agricultura y ahora lo dedica para pasto (ganado). Este cambio de uso lo hizo hace aproximadamente 20 años y él piensa que esto pudo aumentar la posibilidad de deslizamiento.

Acá existe una percepción sobre el conocimiento popular sobre el clima. I. Araya interpreta el buen tiempo con los retumbos del Cerro Tortuguero:

El Tortuguero retumba y luego llueve, este “volcán” lo ubican en el mar... cuando escuchan cierto ruido va a haber verano según el aborigen Juan Sabino Sánchez quien vivía en Murcia de Tucurrique murió hace aproximadamente 20 años (I. Araya, 14 de septiembre de 2009).

El Cerro Tortuguero se localiza al norte de la costa caribeña en territorio costarricense, es interesante el dato y llama la atención porque es contrario a lo que popularmente se piensa en otras áreas de influencia climática caribeña, como por ejemplo en la comunidad de Río Frío en las llanuras del norte de Costa Rica en donde los “retumbos del Tortuguero” son asociados al inicio de lluvias.

Esta percepción es interesante de ser investigada con más detalle por la coincidencia del relato con la realidad geológica de ese cerro, pues fue efectivamente una estructura volcánica, actualmente inactiva. Es posible, entonces, que los “retumbos” correspondan con actividad atmosférica cercana.

Discusión y conclusiones

En el área de estudio se encuentran deslizamientos actualmente activos con morfologías características de su reciente desplazamiento. Según las diferentes morfologías observadas, tales como bloques basculados, grábenes, relieves positivos, además de árboles volcados a favor y en contra de la pendiente, se interpreta que existe una mezcla de tipos de superficies que producen deslizamientos traslacionales y rotacionales, lo que genera una morfología accidentada y caótica del lugar.

El factor litológico es importante dentro de la geodinámica externa, pues las areniscas y las lutitas arcillosas de la formación Uscari son moldeables y con el esfuerzo pueden fluir lentamente, siendo así que al tener sobre ellas rocas más densas, tales como la formación Suretka y las lavas recientes, estas ejercen presión, lo que permite el movimiento de los bloques superiores por plasticidad de la lutita. Esto origina posteriormente la formación de planos de deslizamiento rotacionales, y otros que aprovechan los planos de estratificación para formar deslizamientos traslacionales.

Otro factor determinante es la alta humedad relativa del área, así como las fuertes y constantes lluvias que son un disparador muy importante, ya que según opiniones de las personas del lugar, los eventos climáticos extremos de la zona coinciden con los grandes movimientos de remoción en masa.

La percepción de algunos pobladores coincide con factores que propician inestabilidad de laderas, lo que significa que reconocen algunos de los factores de reactivación, y por lo tanto sería fácilmente implementado un taller participativo con la comunidad sobre el tema de la inestabilidad de laderas y aspectos preventivos asociados.

Debido a la actividad histórica y reciente de esta área compleja de inestabilidad que ha afectado viviendas, fincas, la producción agropecuaria, entre otros aspectos, el crecimiento urbano debe ser considerado dentro de las características naturales del entorno. Si la represa del ICE del PHR finalmente es construida, se deben desarrollar instrumentos de ordenamiento territorial para evitar un crecimiento acelerado sin sentido de prevención en el lugar.

El llenado del embalse podría alterar el equilibrio hidrogeológico del área y aumentar el proceso de remoción en masa del lugar. Un ejemplo de alteración por llenado de un embalse se produjo en Costa Rica en el embalse del Proyecto Hidroeléctrico Pirrís, en el cantón de Tarrazú, San José. El llenado de este embalse empezó el 9 de marzo de 2011 y la reactivación de un deslizamiento ubicado en uno de los flancos del embalse se evidenció el día 3 de agosto de 2011, mediante la formación de fisuras abiertas y destrucción de viviendas. Se consideró que el deslizamiento estaba en estado precario de estabilidad y la reactivación se produjo por disminución del esfuerzo efectivo cuando el agua llegó al pie del deslizamiento. Se produce presión de poros que disminuye la resistencia al corte del material (Mora et al., 2011).

ICE (2008) refiere que los deslizamientos en el área del PHR siempre han existido y son estos los que ejercen una influencia sobre el embalse. Sin embargo, el llenado de un embalse de la envergadura del PHR conlleva a alteración de las condiciones hidrogeológicas, por lo menos a nivel del agua subterránea superficial, lo que puede reactivar áreas de inestabilidad de laderas. Esto implica que las influencias no van en una única dirección. En cuanto a la estanqueidad del embalse, debe entenderse desde las pérdidas de volumen por percolación, pero también la pérdida de volumen por sedimentación. En el caso presente, la sedimentación se antoja como uno de los problemas que más podrían influenciar negativamente en el volumen efectivo del embalse, que se traduce en la disminución de producción de energía.

La estimación del riesgo de esta área debe ser realizada mediante la construcción de mapas de susceptibilidad a los deslizamientos que contemple información de ubicación de infraestructura, de núcleos de población y densidad poblacional, con el fin de estimar áreas que deban ser dirigidas a la reforestación, a la crianza de ganado vacuno o al desarrollo urbano. Claro está que los procesos de inestabilidad presentes son, a todas luces, un atenuante del desarrollo. Los mapas representan una información valiosa sobre las condiciones de estabilidad de amplias regiones, lo que es de gran utilidad al proceso de planificación y prevención. Asimismo, sirve como una herramienta para procesos de corrección de uso de la tierra. Ante esto, es necesario recordar que un estudio con enfoque de cuenca siempre es necesario cuando se desarrollan cualquier tipo de proyectos, en un área que como la estudiada, muestra gran complejidad en cuanto a su geodinámica externa.

Por ejemplo, aún cuando una obra civil se pretenda ubicar en un área que no tiene movimientos de terreno al momento de la planificación de dicha obra, es importante contextualizar el sitio respecto al área general de inestabilidad. La cantidad de deslizamientos en el área es un llamado para los esfuerzos de planificación en ese sentido.

Se debe evitar el aumento del riesgo por desarrollos que no tomen en consideración las características naturales del área. En el caso del PHR ya se tienen contempladas varias obras en las poblaciones que se encuentran en el área de influencia directa del proyecto. En este caso, se había indicado en líneas superiores que un proyecto de esta naturaleza podría traer turismo a la zona, y nuevas instalaciones comunales. ICE (2008) refiere que se tiene contemplada la construcción de establecimientos de salud, mejoramiento de líneas de energía, el asfaltado de caminos y la construcción de centros culturales como museos para resguardar la historia antigua y reciente del área. Esto obviamente para promover un desarrollo económico para las poblaciones actualmente deprimidas. Sin embargo, ante los importantes procesos de remoción en masa, se debe insistir en la bidireccionalidad de las influencias (PHR – características ambientales originales). Tomar en cuenta esta doble direccionalidad es trabajar con un sentido de gestión del riesgo.

Finalmente, es importante adelantar criterios sobre el impacto que podría tener el proyecto hidroeléctrico Reventazón a causa de los flujos de lodo asociados a los deslizamientos y que transitan por los ríos del área hacia el río Reventazón. El proyecto podría tener problemas por sedimentación.

Agradecimientos

Este artículo se escribió como parte del proyecto de investigación 830-A8-070 “Zonificación de la inestabilidad de laderas mediante SIG y percepción remota”, del Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas y de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, a quienes deseamos agradecer el apoyo administrativo y económico que sustentan este proyecto. Además, a la Escuela Centroamericana de Geología de la misma universidad por el apoyo mediante la aprobación de los tiempos de investigación de los investigadores que pertenecen a esta escuela.

Se desea agradecer, así mismo, a los compañeros Ronald White y Cristian Matamoros por su apoyo logístico.

A los vecinos de los lugares mencionados en el texto por aportar información vital sobre la historia y geografía del área estudiada.

Se desea agradecer al Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas y a la Vicerrectoría de Investigación por el apoyo al proyecto.

Referencias citadas

Barquero, Rafael y Giovanni Peraldo (Eds.), 1993. “El temblor de Pejibaye de Turrialba del 10 de julio de 1993: aspectos sismológicos, geotectónicos y geotécnicos”, Informe Interno RSN (ICE-UCR), San José.

Cervantes, Francisco (2006). “Geología Regional. Informe de avance a la factibilidad del P.H. Reventazón”. Informe Interno Instituto Costarricense de Electricidad, San José.

Cervantes, Francisco y Martín Rojas (2004). Revisión geológica regional del P.H. Reventazón. San José: Instituto Costarricense de Electricidad.

Climent, Álvaro, Rafael Barquero y Guillermo Alvarado (2005). “Estudio Sismológico y de Amenaza Sísmica”. En Estudio de factibilidad del P.H. Reventazón, A. Vargas (Ed.): 100-150. San José: Instituto Costarricense de Electricidad.

Fernández, José (1987). “Geología de la hoja topográfica Tucurrique (1:50000, I.G.N.C.R., n° 34451)”. Tesis Licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José.

ICE (2008). Estudio de impacto ambiental: Proyecto hidroeléctrico Reventazón, cantón de Siquirres. Tomos I, II y III San José: Instituto Costarricense de Electricidad.

IGN (1967). Hoja topográfica Bonilla.- Escala 1:50 000, Instituto Geográfico Nacional, San José.

IGN (1981). Hoja topográfica Tucurrique.- Escala 1:50 000, Instituto Geográfico Nacional, San José.

Espinoza, Javier (2012). Estudio de Estanqueidad del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón”. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José.

Linkimer, Lepolt (2003). “Neotectónica del extremo oriental del cinturón deformado del Centro de Costa Rica”. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José.

Mora, Rolando; Elena Badilla, Giovanni Peraldo, y Luis Salazar (2011). “La reactivación del Deslizamiento Zapotal y su relación con el llenado del embalse del Proyecto Hidroeléctrico Pirrís”. En Torno a la Prevención N.º 7: 17-21.

Peraldo, Giovanni y Ernesto Rojas (1998). “La deslizable historia del ferrocarril al Caribe de Costa Rica”. En Anuario de Estudios Centroamericanos N.º 24(1-2): 97-128.

Peraldo, Giovanni y Ernesto Rojas (2000). “Catálogo de deslizamientos históricos de Costa Rica (1772-1960)”. En Informe Semestral Instituto Geográfico Nacional (IGN) N.º 36: 123-171.

Peraldo, Giovanni Y Ernesto Rojas, (2003): “Cuando Itzo ataca: análisis de la información sobre el Catálogo de deslizamientos históricos para Costa Rica (1772-1960)”. En Revista Geográfica Venezolana Vol. 44(2): 177-188.

Perez, Wendy (1996). “Estudio geológico y de amenazas naturales corredor Turrialba-Siquirres, poliducto de RECOPE, sector Laguna Bonilla-Guayacán”, Informe Campaña Geológica, Universidad de Costa Rica, San José.

Rojas, Martín (1996). “Estudio geológico-geotectónico del corredor Turrialba-Siquirres, sección alto Guayacán-Siquirres del poliducto RECOPE”. Informe Campaña Geológica, Universidad de Costa Rica, San José.

Segura, Gustavo (2009). “Análisis mediante aplicaciones SIG de la susceptibilidad al deslizamiento en el corredor Siquirres-Turrialba como factor de riesgo del poliducto de RECOPE”. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José.

Segura, Gustavo; Elena Badilla y Luis Obando (2011). “Susceptibilidad al deslizamiento en el corredor Siquirres – Turrialba”. En Revista Geológica de América Central N.º 45: 101-121.

Taylor, G. (1975). “The geology of The Limon area of Costa Rica”. Tesis doctoral, Universidad de Illinois, EE.UU.

Entrevistas

I. Araya (comp. personal), 14 de septiembre de 2009.

A. Brenes (comp. personal), 14 de septiembre de 2009.

J. Jiménez Mata (comp. personal), 14 de septiembre de 2009.