

AMENAZA POR INESTABILIDAD DE LAS LADERAS EN LA CUENCA
DEL RÍO MOCOY. ANDES VENEZOLANOS

*Katty Montiel A.*¹
*Henry Maldonado B.*¹
*Edith Luz Gouveia M.*¹

RESUMEN

Con la intención de establecer una zonificación de los niveles de amenaza geomorfológica por inestabilidad de laderas de la cuenca hidrográfica del río Moco y, se efectuó un análisis de las condiciones biofísicas, mediante el método heurístico y se identificaron las variables espaciales de mayor incidencia en la dinámica local, tratadas en ARC/INFO y con propuestas metodológicas asociadas a la matriz de análisis espacial de Leopold y el sistema de transparencias de MacHarg. Se logró representar tres niveles de amenaza: baja, moderada y alta, las cuales fueron correlacionadas con los procesos morfogenéticos actuantes, la estructura geológica y litología, así como también con el uso de la tierra de esta importante cuenca del flanco norandino venezolano. El análisis de los mecanismos implícitos en el colapso de material geológico, así como la estimación sobre la tendencia futura y detección de las áreas de mayor amenaza, constituyen las bases para una adecuada mitigación del problema de procesos de ladera peligrosos y el aporte de sedimentos al sistema fluvial del río Moco y.

Palabras clave: amenaza geomorfológica, inestabilidad de laderas, cuenca del río Moco y, flanco norandino venezolano, aplicación de un SIG.

ABSTRACT

In the intention to establish a geomorphologic zonation of the threat levels due to slope instability of the Moco y hydrographic basin, an analysis of the biophysics conditions was made by using the heuristic method. Space variables of greater incidence in local dynamics were identified and processed in ARC/INFO, and applied methodological proposals associated to the matrix of spatial analysis of Leopold and the system of transparencies of MacHarg. It was possible to identify three levels of threat: low, moderate and high, which were correlated with the operating morphogenetic processes, the geologic structure and lithology, as well as with the land use of this important river basin in the northern flank of the Venezuelan Andes. The analysis of the implicit mechanisms in the collapse of geologic material, as well as the estimation of the future tendency and detection of the areas of greater threat, constitute the basis for

¹ Centro de Estudios Geográficos, Universidad del Zulia. Venezuela.

a suitable mitigation problem of dangerous slope processes and the sediment contribution to the fluvial system of the Mocoy river.

Key words: geomorphologic threat, slope instability, Mocoy river basin, Venezuelan Andes northern flank, GIS application.

CONTEXTO GENERAL

Los desplazamientos de materiales rocosos violentos traen consigo la pérdida de vidas, diezman y desfiguran el ambiente y son responsables de una cantidad inestimable de daños materiales en todo el mundo. Su frecuencia y ferocidad no solo han producido dificultades socio-económicas agudas, sino que también acercan cada vez más a la humanidad a una crisis medioambiental (Montiel y Seco 2007). Aún, los procesos de ladera poco profundos producen a menudo, condiciones de alta amenaza, en particular, para las redes de infraestructura. Al parecer, en las áreas peri-urbanas, los movimientos de masa tienen más probabilidad de ocurrir, desencadenados por lluvias intensas, eventos sísmicos o interferencia antrópica.

En la actualidad, la supervisión de laderas inestables se usa ampliamente en el mundo para determinar la cantidad de desplazamientos en períodos de tiempo específico. Estos datos son particularmente importantes en la caracterización de los mecanismos de los factores activadores, así como también, en la selección de técnicas para la mitigación pertinente. El análisis de amenaza, una de las primeras tareas para el manejo de desastres, permite conocer aquellos aspectos que determinan el surgimiento, desarrollo y manifestación del fenómeno capaz de causar un desastre, sin lo cual no es posible concebir ni el más elemental plan de manejo (Seco 2001)

Los estudios de zonificación de amenaza por inestabilidad de las laderas, se han desarrollado en las dos últimas décadas como parte de las tareas de ordenamiento y planificación del territorio, desde los trabajos de construcción de obras de ingeniería hasta en la evaluación de riesgos (Seco 2004). La realización de estos estudios, sustentados en el supuesto teórico del comportamiento de los procesos de ladera en el pasado reciente (esencialmente el Holoceno), proporciona pistas válidas para la predicción de su comportamiento en el futuro inmediato.

En Venezuela, la alta incidencia de los desequilibrios ambientales es representativa dentro de un contexto geoambiental típico. Adicional a la problemática ambiental presente en muchos de los ecosistemas venezolanos, en el flanco norandino venezolano, específicamente en la cuenca hidrográfica del río Mocoy, estado Trujillo, se presenta un marcado contraste de condiciones y procesos de ladera que agravan su situación ambiental, limitando la sustentabilidad en su desarrollo socioeconómico. Al respecto, Jaimes y Mendoza (2002), destacan que muchas unidades de producción no siguen una zonificación que considere las características del ecosistema y menos, el impacto que provocan en él.

La amenaza de origen natural se encuentran en estrecha relación con el desarrollo de la nación venezolana, por lo que su gestión se considera un elemento vital para «la definición de los mejores usos de los espacios de acuerdo con sus capacidades, condiciones específicas y limitaciones ecológicas», (Título I, artículo 3 de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio Venezolano, 1983).

Aspectos geográficos de la cuenca río Mocoy

La cuenca del río Mocoy se ubica en los Andes Venezolanos, específicamente, en el estado Trujillo (Figura 1).

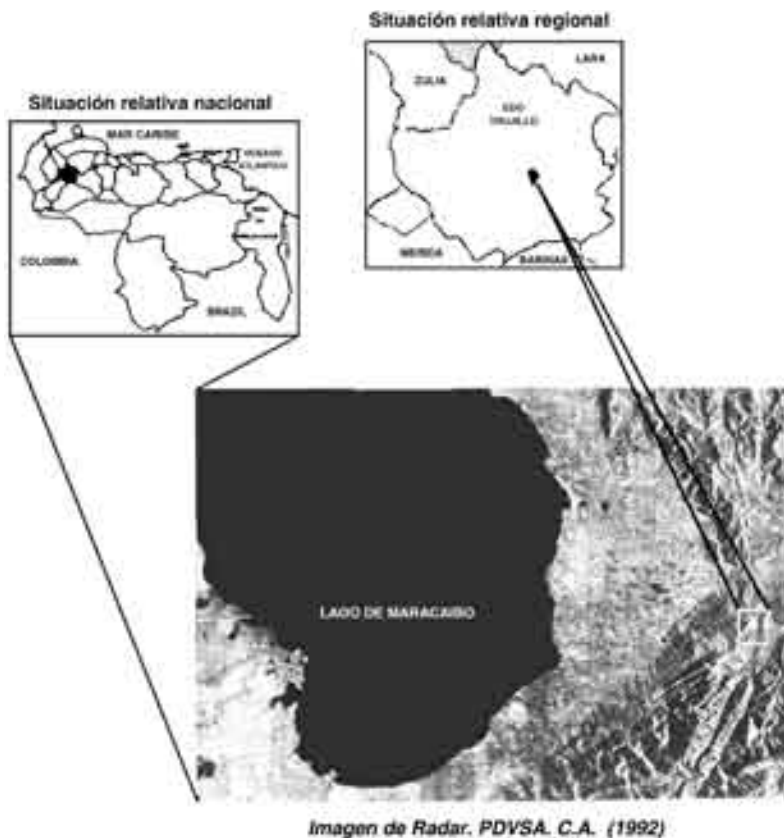


Figura 1. Localización de la cuenca del río Mocoy

El río Mocoy nace en el páramo El Atajo, sobre los 4.200 msnm y hasta su confluencia con el río Castán, a los 800 msnm, recorre 19.579 km y su cuenca tiene una superficie aproximadamente, de 17.497 hectáreas.

De acuerdo con las características fisiográficas y la identificación de las variables, se sectorizaron tres subsistemas hídricos, a saber:

La cuenca baja se ubica desde los 900 msnm en la confluencia con el río Castán hasta la confluencia de la quebrada La Honda, aproximadamente a los 1.600 msnm La cuenca media, oscila entre los 1.600 msnm y los 3.000 msnm Constituye un área de suelos poco desarrollados, con un mínimo de zonas de depósito de materiales detríticos debido a las fuertes pendientes. La cuenca alta, conforma todas las áreas por encima de los 3.000 msnm hasta los páramos El Atajo y La Cristalina. Se caracteriza esencialmente, por afluentes entallados de torrente moderado, con tendencia a violentos en período de lluvias, cursos permanentes de gran poder erosivo. Los suelos son delgados con zonas focalizadas con mayor desarrollo.

Según la estación climatológica «Páramo La Cristalina» (Ministerio del Ambiente 2006), el régimen de distribución de las precipitaciones de la cuenca del Moco, es bimodal. Los valores máximos de lluviosidad se presentan en los meses de abril y mayo, primer período; y octubre, segundo período. Las mínimas en los meses de febrero, primer período; y agosto, segundo período. Presenta un promedio anual de 962,1 mm. La temperatura media anual es de 15,81 °C, presentando la máxima en el mes de julio y la mínima en los meses de diciembre y enero. La temperatura se mantiene más o menos uniforme durante casi todo el año.

METODOLOGÍA

La evaluación de la amenaza geomorfológica por inestabilidad de laderas, incluye la definición del criterio biofísico, el cual se fundamenta en el análisis de la geología, geomorfología, uso de la tierra y características climáticas. Para cada elemento se analizaron las diferentes propiedades que afectan las laderas y en dependencia de su importancia, se le asignaron pesos y rangos de incidencia.

Se trabajó mediante la teledetección, inspección de campo y análisis de laboratorio (litología), sobre el diseño y manipulación de manuscritos cartográficos a escalas 1:10.000 y 1:25.000 de toda la cuenca y el estudio de las variables involucradas. Estas fueron transformadas a formato digital, utilizando para ello el programa SIG, ARC/INFO. Los mapas temáticos fueron incorporados a una base de datos computarizada. Se realizó una correlación entre las variables biofísicas, las cuales fueron seleccionadas atendiendo a su significatividad, operatividad, verificación de campo, precisión, así como por ser potencialmente modelables, es decir, que puedan ser utilizadas para el diseño de modelos morfodinámicos posteriores, con la finalidad de monitorear las áreas que presenten problemas de amenaza por inestabilidad de laderas.

En este sentido, esta investigación se fundamenta el método directo o heurístico, en el cual la cartografía se basa en la experiencia, se establece directamente la relación entre los deslizamientos y sus condicionantes geológico-geomorfológicas (Van Westen 2003), con el enfoque analítico (Hansen 1984), en el que se elabora una serie de mapas temáticos, los cuales se evalúan separadamente y después se integran para alcanzar una evaluación general del área de estudio.

El enfoque analítico permite que los diferentes componentes del medio natural y las actividades antropogénicas vinculadas a la amenaza bajo estudio sean evaluados separadamente y posteriormente, sintetizados para lograr las diferentes categorías de amenaza (Seco 2001).

Un tratamiento diferente se realizó con la precipitación ya que se trabajó de acuerdo con el análisis de componentes simples para el estado Trujillo, ya que la altitud y la distancia del lago de Maracaibo, posee gran incidencia en la distribución de las precipitaciones en esta unidad fisiográfica.

La manipulación de los datos se fundamentó en la matriz interactiva de Leopold y el método de transparencia de McHarg (Gómez 1999). En el primer caso, la matriz de doble entrada, cuyas columnas están representadas por 90 factores ambientales y las filas por 100 acciones causas de impacto. Esta matriz se ajustó a los objetivos de la investigación, a fin de operacionalizar la misma, lo que permitió la visualización de los resultados de manera sistémica y espacial. La tarea es describir la interacción en términos de magnitud y significancia de acuerdo con parámetros previamente establecidos. Las acciones adaptadas al espacio se agrupan en categorías.:

- Alteración de los terrenos; procesos erosivos y paisajismos.
- Producción; agricultura, ganadería, tratamiento del mineral y alimentación.
- Extracción de recursos; excavación superficial, excavación de pozos para la extracción de fluidos (agua), y tala.
- Transformación del suelo y construcciones; canteras, vías, embalsamientos, instalaciones de recreo, alteración de las cubiertas de suelo, canalización, riego, quema, y explanación.
- Modificación del régimen; alteración de la red de drenaje, control del río y modificación del caudal.

El método de McHarg es una práctica común en muchos estudios espaciales, sin embargo, en pocos casos se destaca su origen intelectual. Este método permite producir cartogramas digitales que señalan, mediante polígonos, las unidades geográficas de datos acumulados, al superponer dos o más mapas temáticos, ajustados previamente a una escala común. De esta manera, se logró identificar tres rangos de amenaza geomorfológica por inestabilidad de laderas: baja, moderada y alta, las cuales agrupan mayor cantidad de variables incidentes (Maldonado y Montiel 2004).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se presentan los mapas digitales de amenaza geomorfológica por inestabilidad de las laderas de la cuenca hidrográfica del río Mocoy, así como también el análisis respectivo con base a las condiciones geográficas presentes, de acuerdo con el enfoque geomorfológico, el cual se realiza para determinar la inestabilidad de áreas extensas y utiliza información general y variada. Su objetivo es determinar la variación espacial de la inestabilidad de las laderas y su representación cartográfica mediante mapas de

amenaza. Barredo, Benavides y Van Westen (2000), proponen y definen tres clases de grado de amenazas:

La amenaza baja, conforma áreas donde no hay fenómenos dañinos (deslizamientos de tierra, desprendimiento de rocas, entre otros). Se espera que ocurra en los próximos años, se asume que el uso de la tierra sea el mismo; la amenaza moderada, representa áreas de moderada la probabilidad de que aparezcan fenómenos dañinos en los próximos años que pudieran ocasionar algún tipo de impacto negativo a las infraestructuras y edificaciones. Además, los daños esperados son localizados y pueden ser prevenidos con medidas de estabilización relativamente simples y económicas; y la amenaza alta, constituye áreas donde es alta la probabilidad de la ocurrencia de un fenómeno dañino en los próximos años. Se espera que este evento ocasione daños considerables en la infraestructura y edificaciones. La construcción de nuevas infraestructuras en esta área, deben acometerse solo si se realiza antes un estudio bien detallado.

Procesos morfodinámicos actuantes en la cuenca hidrográfica del río Mocoy

Al igual que lo observado por Montiel *et al.* (2001), en otras áreas del flanco norandino venezolano, la convergencia de factores antroponaturales propicia la presencia de cicatrices alargadas con aspecto de arañazos en las vertientes de los valles, cárcavas muy profundas, numerosas áreas de denudación, deslizamientos y derrumbes generalizados, lo que evidencia medios morfodinámicamente activos de elevada amenaza geomorfológica por inestabilidad de laderas en la cuenca del río Mocoy.

Tomando en consideración las fuertes pendientes (30-70% de inclinación), los sistemas de explotación de agricultura tradicional, aunado a el alto grado de susceptibilidad a la erosión que presenta las formaciones geológicas que afloran en la cuenca y su alto grado de fracturamiento, se destaca la presencia de procesos de ladera violentos que han transformado considerablemente, amplias superficies en tierras improductivas con tendencias a «band lands», así como también, superficies con riesgos potenciales de erosión, disectadas por surcos, cárcavas, procesos de soliflucción y deslizamientos localizados (Figura 2), lo cuales constituyen eventos detonantes de amenaza.

Con relación con la variación espacial de la inestabilidad de las laderas de la cuenca el Mocoy, se tiene que el área de baja amenaza se concentra en la cuenca alta de la quebrada La Honda y La Porquera, ambas afluentes del Mocoy, así como en la divisoria de aguas con quebrada Misisí por la Fila de Rucio, donde se observan superficies que presentan procesos morfogenéticos como el escurrimiento laminar, producto de las escorrentías en áreas desprovistas de vegetación.

Por otro lado, la zona considerada de moderada amenaza, se localiza en el nacimiento del río Mocoy y quebrada Riecito. Proliferan aquí, deslizamientos que cabalgan sobre depósitos antiguos y superficies que presentan algunos procesos morfogenéticos como escurrimiento laminar, producto de la escasa cobertura vegetal. Se observa, además, el desarrollo de cárcavas, erosión laminar y depósitos de coluviones en pendientes inestables

en áreas localizadas al norte de la cuenca baja del río Mocoy. Igualmente, se presentan afloramientos de la formación La Quinta, muy meteorizada y con pendientes superiores al 25% de inclinación.

Hacia la cuenca media del río Mocoy, específicamente en la vertiente norte, destacan afluentes menores de la quebrada La Honda, con las menores pendientes de la zona (21-23%), existe localización generalizada de depósitos y suelos de mayor desarrollo con problemas de drenaje y erosión y pluviosidad irregular moderada, estacional. En los afloramientos de la formación Colón (lutitas muy inestables), ocurren movimientos de masa por soliflujión que origina superposición continua de materiales (Figura 2). La microcuenca quebrada Misisí, sector Los Blanquitos, presenta una moderada susceptibilidad a la degradación. Se observan algunos surcos y cárcavas dispersas, las cuales representan una amenaza baja.

Las rocas sedimentarias del Paleozoico, se presentan muy meteorizadas, lo que deteriora gradualmente, la cohesión de los materiales, por lo que se destacan áreas de amenaza alta, propicias a generar movimientos de masa y planos favorables al colapso, caracterizadas por materiales rocosos blandos con pendientes pronunciadas, los cuales facilitan la acción del agua, susceptibles a ser afectadas por eventos torrenciales recurrentes. En la cuenca alta de las quebradas Las Mulas y Misisí, sector Loma del Toro, se considera la presencia de procesos geomórficos muy complejos: la topografía es muy escarpada con pendientes de 50 y 70% de inclinación, fuertemente disectada por surcos profundos y cárcavas generalizadas, así como fuertes entalles, erosión laminar severa (Figura 2), con una susceptibilidad extremadamente alta a la degradación, sobre afloramientos meteorizados de la formación La Quinta, suelos delgados y truncados por afloramientos rocosos y abundante pedregosidad. Estas condiciones son el reflejo de situaciones de alta amenaza en las vertientes de estas microcuencas.

En proximidad al drenaje principal, se destacan procesos morfogénicos como el escurrimiento laminar, producto de las escorrentías en áreas desprovistas de vegetación y constantes desplazamientos de estratos de suelo superficial. Las pendientes oscilan entre los 10 y 20% de inclinación, en la porción baja de la cuenca y superior a los 30%, en la zona alta.

En focos localizados en el nacimiento del río Mocoy y la quebrada Riecito, se identifican deslizamientos que cabalgan sobre depósitos antiguos y flujo superficial, producto de las escorrentías en áreas desprovistas de vegetación, cárcavas y cicatrices de desprendimiento masivo en ambas vertientes. Se identifican áreas de alta amenaza geomorfológica. En el Mocoy Arriba, se distinguen áreas de amenaza alta, caracterizadas por movimientos de masa (Figura 2), los cuales dan origen a deslizamientos en forma de traslaciones (deslizamientos en rocas o en paquetes) y derrumbes (bloques, rocas y suelos o alteritas).



Figura 2. Aspectos geomórficos de la cuenca del río Mocoy.

Estructura geológica, litología y niveles de amenaza

La conformación geológica-estructural de la cuenca del río Mocoy es muy compleja debido al sistema de fallas activas que la conforman, las cuales generan extensas áreas tectonizadas y deformación de las rocas aflorantes, lo que desarrolla amplias superficies de rocas cataclásticas y numerosos planos de debilidad como respuesta mecánica al fracturamiento de un material rígido y frágil, los cuales se comportan como factores desencadenantes de procesos de laderas y amenaza alta (Figura 3).

Numerosas son las áreas de amenaza alta por inestabilidad de laderas en rocas sedimentarias del cretáceo, las cuales se encuentran conformando morfoalineamientos muy afectados por deslizamientos, es decir, movimientos ladera abajo de la masa de suelo, detritos o roca, los cuales ocurren sobre superficies reconocibles de ruptura o discontinuidades geológicas importantes como las falla de El Zamuro, y Trujillo con orientación NE, asociadas al fallamiento de Árbol Redondo. La traza de la falla El Zamuro es difícil de observar en la cuenca baja del río Mocoy, debido a materiales provenientes de deslizamientos y derrumbes. En el fondo de la quebrada El Rincón, se aprecia con más nitidez y se observan deslizamientos rocosos del bloque deprimido de esta estructura. La falla de Trujillo pone en contacto al Grupo Mucuchachí con la formación La Quinta del Jurásico-Triásico (Figura 3). Sus afloramientos se presentan muy diaclasados y meteorizados y favorecen el desarrollo de áreas de amenaza alta por inestabilidad de sus laderas.

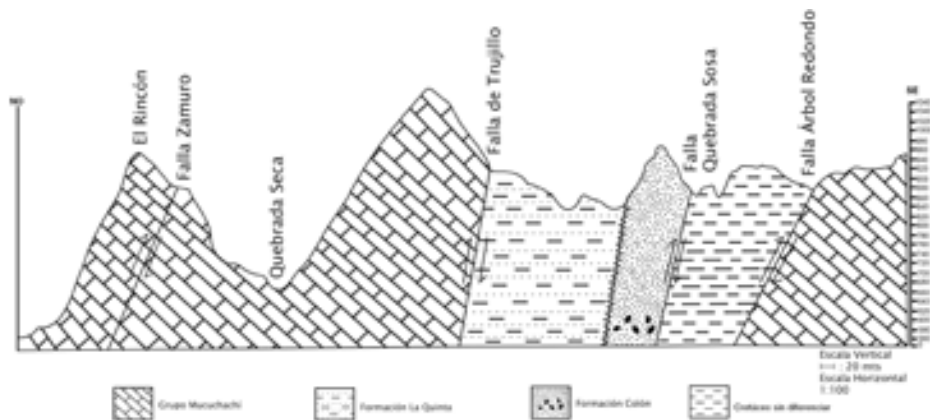


Figura 3. Perfil geológico de la sección El Rincón-Árbol Redondo.

Gran parte de los afloramientos rocosos de la cuenca del río Mocoy, se encuentran altamente meteorizados física y químicamente. La descomposición mineralógica provoca ruptura y colapso de materiales. Los análisis convencionales de un total de 20 muestras frescas de la cuenca, indican que las rocas, tienen valores de porosidad y permeabilidad bajos (cuadro 1) por lo cual, presentan baja capacidad de almacenamiento.

Sin embargo, el avance de fluidos a través de los poros se debe a la presencia de amplios sistemas de diaclasas y fracturas en rocas cataclásticas de las microcuencas de la quebrada Sosa, La Honda, Mocoy Abajo, que ocasiona procesos de alteración profunda, desprendimiento y transporte (Montiel *et al.* 2001), así como también, el lavado de minerales y materiales finos por infiltración, esto último evidenciado por los resultados de densidad de granos de los análisis convencionales (cuadro 1). Esta característica hace que rocas consideradas geotécnicamente como fuertes se comporten como débiles (cuadro 1), con condiciones morfodinámicas de desequilibrio y amenaza geomorfológica moderada y alta (Figura 4).

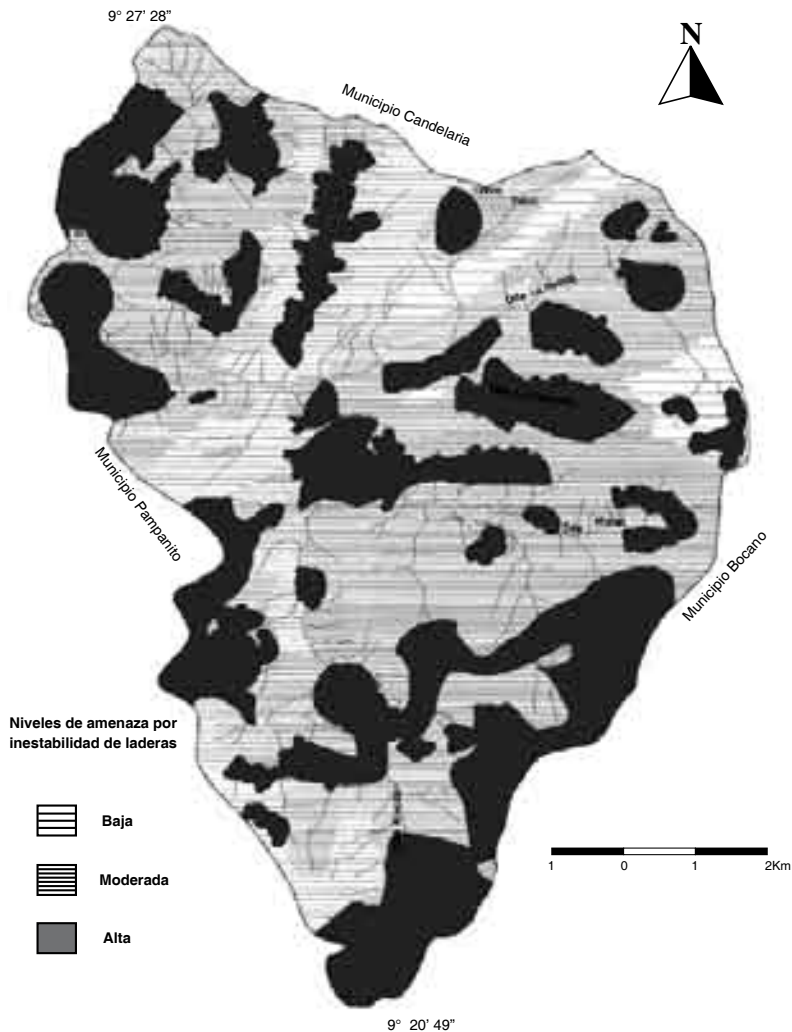


Figura 4. Niveles de amenaza geomorfológica por inestabilidad de laderas de la cuenca del río Mocoy.

La litología predominante de las muestras seleccionadas, consiste básicamente en lutitas grises oscuras, duras, calcáreas, subfísiles, altamente meteorizadas de la formación Colón, del Cretáceo Superior; filitas grises pardas, delgadas, en capas deformadas, duras, friables, fracturadas con zonas oxidadas a niveles de fracturamiento del Grupo Mucuchachí del Paleozoico; y areniscas estratificadas y conglomerados de color rojo y matriz arenosa de la formación La Quinta; con valores de intercambio catiónico (CIC) muy bajos (cuadro 1), lo que determina suelos muy fuertemente lixiviados y los consecuentes sistemas de surcos y cárcavas, escurrimiento laminar generalizado y cicatrices de deslizamientos activos en las microcuencas de las quebradas La Seca, Sosa, La Honda y La Cristalina, los cuales se manifiestan como áreas de amenaza alta.

Cuadro 1. Resultados de los análisis convencionales de muestras litológicas del área de estudio

N° de muestra	Ka (md)	Porosidad (%)	CIC Meq/granos	Densidad de granos (grs/cc)	Fuerza compri-mida uniaxial Kg/cm ²	Descripción (dureza)*
1	308	6	0,86144	3,02	1000	R 4
2	<0,01	3,13	0,88695	2,685	1000	R 4
3	<0,01	7	0,71178	3,30	800	R 3
4	6,97	24	0,87738	2,82	1000	R 4
5	<0,06	5	1,54119	2,92	1100	R 4
6	0,05	5	1,54855	2,91	500	R 3
7	5,16	7	0,11176	2,81	3000	R 5
8	<0,01	2,00	0,25111	2,73	1000	R 4
9	<0,01	4,13	0,04183	2,861	1000	R 4
10	<0,01	5,69	0,88092	2,291	800	R 3
11	<0,01	3,021	0,05325	2,790	800	R 3
12	<0,01	1,379	0,04648	2,748	800	R 3
13	5,54	7	0,11145	2,81	700	R 3
14	<0,01	5,73	0,04057	2,798	1800	R 4
15	<0,01	5,24	0,92624	2,694	800	R 3
16	<0,01	6,06	0,88692	2,706	800	R 3
17	<0,01	6,41	0,03453	2,875	800	R 3
18	<0,01	3,04	0,69889	2,588	300	R 2
19	<0,01	23,11	0,87785	2,578	300	R 2
20	<0,01	34,52	0,88944	3,921	300	R 2

*Escala de dureza de la roca de Jennings. R1: roca, muy débil; R2: roca débil; R3: roca moderadamente fuerte; R4: roca fuerte y R5: roca muy fuerte.

Uso de la tierra y amenaza geomorfológica en la cuenca del río Mocoy

Existen diversos factores generadores de inestabilidad de laderas causada por la actividad del hombre en su afán por ocupar la tierra, principalmente por las modificaciones a la geometría de las laderas, excavaciones para la construcción, procesos de urbanización, deforestación, construcción de vías de comunicaciones, entre otras. En este sentido, se observa en la cuenca hidrográfica del río Mocoy, una relación estrecha entre la ocurrencia

de movimientos de masa, el crecimiento desordenado de caseríos y el uso de la tierra en un área geomorfológicamente vulnerable al colapso.

Especial significado adquiere la intervención antrópica en la cuenca del río Mocoy, al dejar desprovistas a las formaciones geológicas aflorantes de sus cubiertas de alteritas, lo que induce a un aumento de los procesos erosivos y gravitacionales en las áreas deforestadas y con fuertes pendientes. La influencia negativa de estos procesos antropogenéticos unida a las condiciones naturales, contribuyen al desarrollo de medios morfodinámicamente activos y de amenaza moderada y alta, observado también, en otras localidades andinas venezolanas (Montiel y Seco 2007).

El uso principal de la tierra en la cuenca del río Mocoy, esta conformado por matorrales degradados con erosión aparente del suelo, bosques claros con substratos herbáceos degradados y erosión muy importante, asociados con áreas de alta amenaza geomorfológica. Los bosques densos están confinados a áreas muy reducidas (Figura 5).

Los sistemas de producción predominantes son de cultivos anuales que actúan como factor desencadenante de movimientos de masa y áreas de amenaza alta. Los sistemas de cultivos anuales, se fundamentan básicamente en la explotación del café, existiendo muy pocas plantaciones y en muy malas condiciones, dado que existen problemas graves de erosión.

Se observa con preocupación, que en la microcuenca Riecito, los agricultores siembran años tras año el mismo tipo de cultivo, ocasionado deforestación en áreas de alta pendiente, lo que acelera los procesos erosivos, la escorrentía, aumento de la infiltración y en consecuencia, el desarrollo de áreas de amenaza alta por inestabilidad de las laderas (Figura 4). En Mocoy Abajo, Mocoy Arriba y la microcuenca La Porqueira, se presenta un relieve pronunciado, escasa cobertura vegetal, terrenos totalmente erosionados, degradación excesiva, presencia de cárcavas, rocas altamente susceptibles a la erosión, marcada intervención campesina y sobrepastoreo, lo que genera medios morfodinámicamente activos de amenaza alta.

Al sur, de la cuenca media del río Mocoy, se aprecian zonas de bosques densos y también áreas de escasa cobertura vegetal, debido a la tala y quema en fuertes pendientes, que favorecen la ocurrencia de procesos de ladera violentos en períodos de lluvias (abril-junio) y áreas de amenaza moderada que pueden convertirse en amenaza alta si se amplían las zonas de cultivos de ciclos cortos. Los procesos erosivos severos y pérdidas de suelos, se encuentran en barbechos desnudos y cafetales tanto de sombra como de sol, sin prácticas conservacionistas y sin cobertura vegetal (Arellano 2000).

Los complejos morfolitológicos favorecen la remoción de grandes volúmenes de material geológico a manera de deslizamientos y derrumbes e incluye todos los materiales que pueden ser puestos en movimientos, rocas coherentes y formaciones de pendientes diversas (Moret 1980, citado por Flageollet 1989), sobre todo, en las áreas deforestadas, quemadas, con pastos y cultivos de conucos de las microcuencas Misisí, La Honda, Las Mulas, La Cristalina, La Porqueira y, en vertientes con estratos que decrecen en su resistencia si aumentan el contenido de agua en las rocas

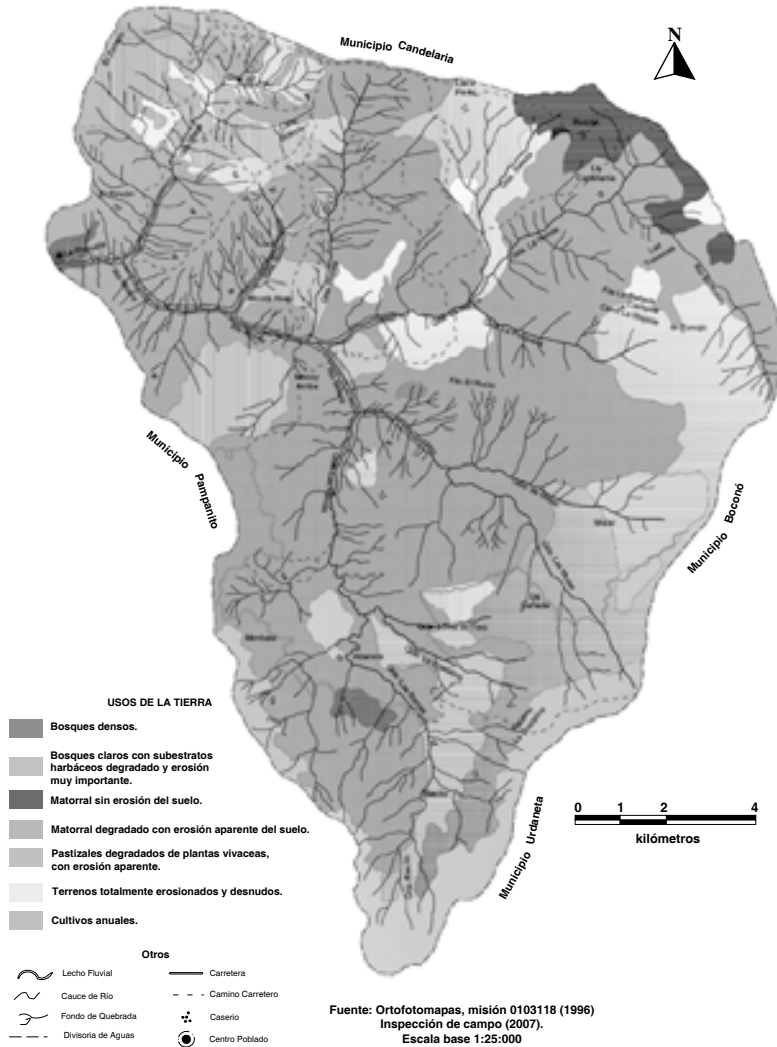


Figura 5. Uso de la tierra de la cuenca del río Mocoy.

(Cooke y Doornkamp 1974), generadoras de alta amenaza, donde el balance morfo-genético se inclina a favor de erosión.

En la cuenca media del río Mocoy, específicamente en la vertiente norte, destacan afluentes menores de la quebrada Seca, se localizan sistemas de cárcavas y surcos, con problemas de drenaje y erosión asociados a cultivos menores de subsistencia y pastizales degradados de plantas viváceas con erosión aparente (Figura 5). Esta área presenta una alta degradación, especialmente en los afloramientos de la formación La Quinta, la cual desde el punto de vista geotécnico, presenta alta inestabilidad cuando se encuentra intervenida.

El uso actual de la tierra en la microcuenca de la quebrada Misisí, es de matorrales, sin embargo, Albornoz (1993), plantea que con la aplicación de técnicas conservacionistas y algunas restricciones, esta área permitiría su utilización con fines agrícolas. De no cumplirse con estas técnicas, solo se aceleraría la amenaza actual por inestabilidad de las laderas.

Por otro lado, se evidencia en la cuenca del río Mocoy, el crecimiento anárquico de numerosos caseríos como Bujorú, Llano Grande, La Palmita, Campos, Capellanía, La Vega, Misisí, La Cristalina, entre otros. Todos ellos emplazados en vertientes con pendientes altas y de amenaza moderada, así como también, caminos carreteros hacia zonas de cultivos y vías de comunicación principales, detonadores de derrumbes generalizados, que contribuyen a acelerar los niveles de amenaza geomorfológica. Incluso, la intervención de las laderas con pendientes moderadas, generan producción y acarreo de sedimentos, lo que a futuro puede ocasionar la aparición de áreas de amenaza alta. La mayoría de los movimientos de masa desarrollados en esta zona, se presentan a lo largo de carreteras y en áreas marginales con altos valores de pendiente.

Las explotaciones pecuarias no son relevantes, debido a que, en su mayoría, son animales para las labranzas y algunas vacas de ordeño, sin embargo, ocasionan graves problemas a la cobertura vegetal, debido al sobrepastoreo y activación de procesos erosivos. En la microcuenca de la quebrada Los Ramos Alta, se aprecia un pastoreo intensivo de ganado caprino, aunado a la poca vegetación existente en algunas áreas y las altas pendientes predominantes, favorecen los niveles de amenaza por inestabilidad de laderas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados presentados dan una visión importante sobre las condiciones que originan y los efectos geomórficos de los procesos de ladera y movimientos de masa en la cuenca hidrográfica del río Mocoy. El enfoque utilizado, esencialmente el geomorfológico, se diferencia de la visión ingenieril, porque le da énfasis al origen y evolución de estos procesos a mediano plazo. El análisis de los mecanismos implícitos en el colapso de material geológico de los movimientos de masa de la cuenca, así como la estimación sobre la tendencia futura y detección de las áreas consideradas de mayor amenaza geomorfológica, constituyen las bases para una adecuada mitigación del problema de procesos de ladera peligrosos y el aporte de sedimentos al sistema fluvial del río Mocoy.

Los movimientos de masa de la cuenca hidrográfica del río Mocoy no constituyen procesos aislados en el flaco nornadino, ya que presentan características similares a otras cuencas hidrográficas de la cordillera andina venezolana. La proliferación de deslizamientos activos se asocian a la disposición estructural (planos de fallas y altas pendientes de las laderas), que han definido extensas zonas de deformación y cataclisis, favorecidos por las precipitaciones. Procesos de laderas posteriores a los deslizamientos, como los sistemas de surcos y cárcavas, constituyen uno de los problemas más graves de la cuenca, debido a los grandes volúmenes de sedimentos que aportan al sistema.

Otro factor de desequilibrio, lo constituye la ocupación espontánea y no planificada de la población campesina en áreas de amenaza geomorfológica por inestabilidad de laderas comprobadas. El hombre ha participado directamente en el paradormorfismo mediante la deforestación, el uso de las prácticas agrícolas sin control, el crecimiento de centros poblados, construcción de vías de comunicación sin realizar un estudio previo trazado y sin ningún tipo de obras de conservación, por lo que constituyen mecanismos detonadores de procesos de ladera violentos y focos de producción de sedimentos que obstaculizan el paso de las aguas y causan graves daños y pérdidas para sus pobladores. Esto es preocupante si se parte del antecedente de que sectores que han sido afectados por diversos movimientos de masa, presentan las probabilidades más altas de que los mismos factores desencadenantes se generen en el futuro.

Tomando en consideración la alta amenaza natural que corren las poblaciones situadas dentro de la cuenca del río Moco, así como su desequilibrio ambiental, se recomienda su protección, recuperación y buen aprovechamiento del área, reforestar a gran escala, construir terrazas de banco y el establecimiento de barreras vegetativas que protejan los suelos de la excesiva erosión.

Además, se recomienda, establecer disposiciones especiales que eviten la construcción de viviendas en las vertientes y márgenes de ríos de esta cuenca, promover campañas para concienciar a la población a fin de que se cumplan las disposiciones reglamentarias y la eliminación del pastoreo intensivo de ganado caprino, en laderas de altas pendientes. Esto se podrá lograr reglamentando el uso de los suelos. Así mismo, realizar estudios previos para la planificación y construcción de las nuevas vías de penetración al área y así evitar procesos de inestabilidad de vertientes que puedan generar un mayor deterioro ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES) por el apoyo financiero para la realización de esta investigación. Especial gratitud al ingeniero Ciro Vásquez del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables del estado Trujillo.

BIBLIOGRAFÍA

ALBORNOZ, J.

1993 «Estudio de suelos a nivel preliminar de las sub-cuencas alta y media de los ríos Castán y Moco. Estado Trujillo». Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

ARELLANO, R.

2000 «Pérdida de suelo y nutrientes en agroecosistemas de café en la subcuenca del río Castán, Trujillo-Venezuela». *Revista Forestal Venezolana*, vol. 44, N° 2, pp. 79-86. Mérida.

- BARREDO, J., H. BENAVIDES y C. VAN WESTEN
2000 «Comparing heuristic landslide hazard assessment techniques using GIS in the Tirajana basin, Gran Canaria Island, Spain». *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, JAG*, Vol. 2, Issue 1, pp. 9-23.
- COOKE, R. and J. Doornkamp
1974 *Geomorphology in Environmental Management*. London: Oxford University Press.
- FLAGEOLLET, J.C.
1989 «Landslides in France: A risk reduced by recent legal provisions». En E.E. Brabb y B.L. Harrod (editors). *Landslides: Extent and Economic Significance*. Rotterdam: A.A. Balkema, pp. 157-168.
- GÓMEZ, O., D.
1999 «Evaluación del impacto ambiental». Madrid: Ed. Mundi Prensa y Editorial Agrícola Española, S.A.
- HANSEN, M.
1984 «Strategies for Classification of Landslides». En D. Brunsten y D. Prior (editores). *Slope Instability*. New York: John Wiley.
- Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio de la República Bolivariana de Venezuela*
1983 Palacio de Miraflores. Caracas.
- MALDONADO, H. y K. MONTIEL
2004 «Matrices de análisis espacial para estudios de inestabilidad de los terrenos». UAM-Guadalajara. III Seminario Latinoamericano de Geografía Física. Puerto Vallarta, México, abril y mayo 2004. Memorias.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES
2006 «Parámetros climatológicos de la estación Páramo La Cristalina. Estado Trujillo, Venezuela». Informe.
- MONTIEL, K., C. ACOSTA y H. MALDONADO
2001 «Geodinámica ambiental de la Cuenca del Río Venezolano San Pedro. Flanco Norandino». RA'EGA o Espacio Geográfico Análisis. Número 5.
- MONTIEL, K. y R. SECO
2007 «Niveles de peligro de inestabilidad de las laderas de un sector del flanco norandino venezolano: Monte Carmelo-Estado Trujillo». *Espacio y desarrollo*, N° 18, pp.. Lima.
- SECO, R.
2001 «El enfoque físico-geográfico para el estudio de los peligros naturales en La Habana, Cuba». *Revista Geoterra Didáctica*. Universidad de los Andes. Núcleo Universitario Rafael Rangel. Trujillo- Venezuela.
2004 *Geomorfología*. La Habana-Cuba: Editorial Félix Varela.
- VAN WESTEN, C.
2003 «GISSIZ: training package for Geographic Information Systems in Slope Instability Zonation». Handout Conferences, ITC, Enschede, the Netherlands.