

## VULNERABILIDAD POTENCIAL A DESLIZAMIENTOS DE TIERRA. LA CONQUISTA, CARAZO

Efraín Acuña Espinal<sup>1</sup>, Ulises González<sup>2</sup>, Yamila del Carmen Centeno<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Docente Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente FARENA, UNA

<sup>2</sup> Ingenieros en Recursos Naturales Renovables, UNA.



### RESUMEN

El estudio de las amenazas naturales en Nicaragua es relativamente reciente. Sin embargo, su evaluación, cuantificación y cartografía han logrado un desarrollo rápido en los últimos años. Estos se realizan para proteger la vida de los pobladores de las comunidades que se encuentren en situación de riesgo. El presente estudio tiene por objetivo: zonificar las áreas potencialmente vulnerables ante el fenómeno de deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista a través de mapas indicativos que sirvan de insumo para la prevención y mitigación de desastres. La metodología utilizada tiene su fundamento lógico en el método Heurístico geomorfológico, el cual consiste en la combinación de mapas temáticos calificados, con la ayuda de la herramienta de Sistemas de Información Geográfica (SIG). El procedimiento para la obtención del mapa de amenaza potencial a deslizamientos se divide en dos partes: a) la obtención del **mapa de susceptibilidad por factores intrínsecos** a la generación de este fenómeno, en el cual se involucra información *geológica, de pendiente y de drenaje* y b) la obtención de un **mapa de factores extrínsecos** o

### ABSTRACT

The systematic study of the natural threats in Nicaragua is recent; however its evaluation, quantification and cartography have achieved a great advance in recent years. This type of studies has the main purpose of protecting the life of the poorest inhabitants of the communities which are in hazard situation. The main objective of this study was to zone the areas which are potentially vulnerable for landslides in the municipality of La Conquista, Carazo, by using maps that work as input for prevention and mitigation of disasters. The methodology used on this study has its logical fundament in the Heuristic geomorphological method which consists of the combination of a series of thematic classified maps, with the assistance of the Geographical Information System (GIS) tools, (Ruiz & Molina, 2001). The procedure to obtain the maps of landslide threat was divided into two parts: part 1) In order to obtain the susceptibility map for the intrinsic factors of the generation of this phenomenon, data on geology, gradient drainage were added; part 2) In order to obtain a map of external or detonating factor, conflicts of land uses was taking into account, in addition to the weather

**detonantes**, el cual considera los *conflicto de uso de la tierra, el clima, y la erosión*. Los resultados muestran que los factores más influyentes en la determinación de las áreas potencialmente vulnerables son las siguientes: Los conflictos de uso de la tierra, geología impermeable, pendientes del terreno (48% del área, mayores de 15%), sitios con mayor densidad de fracturas. Las áreas calificadas de *alta y muy alta susceptibilidad representan el 9.3% del área total*. Los sitios de mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos son los cerros La Pitilla, Los Placeres, entre otros, y los de moderada, Cerro El Tambor, Los Charcones y El Raizudo. Las zonas calificadas de alta y muy alta vulnerabilidad corresponden principalmente a áreas de laderas de los cerros más importantes del municipio. Las comunidades asentadas en esa área son las más distantes del municipio, lo que implicarían mayor costo de gestión del riesgo para el gobierno municipal. La agricultura y el sobre pastoreo que se practica en suelos marginales de laderas que implican cambios del suelo más allá de su capacidad natural, son factores determinantes e incrementan las probabilidades ocurran los deslizamientos de tierra.

**Palabras claves:** deslizamientos, vulnerabilidad, intrínsecos, detonantes

and soil erosion. The results show that the most influential factors to determine the potential vulnerable areas were: 1) land uses conflicts, 2) impermeable geology, 3) land slope (48% of the area higher than 15%), and 4) sites with higher fracture densities. The area classified as high, and a high susceptibility stands for 9.3% of the total area. The cities with a higher probability of sliding occurrence are: the hills La Pitilla y Los Placeres, moderate susceptibility are: hill El Tambor, Los Charcones, y El Raizudo. The zones classified as high and with a high vulnerability to landslides are mainly the hillsides of the most important hills of the municipality. The communities found on these areas are the most remotes in the municipality, which means higher risk for the municipal government. Farming and the over pasturing of soil around the hillsides means change on the soil beyond its natural capacity, which are determinant factors that increase the probability that landslides take place.

**E**l estudio sistemático de las amenazas naturales en Nicaragua es relativamente reciente; sin embargo, su evaluación, cuantificación y cartografía ha logrado un desarrollo bastante rápido en los últimos años. Tales estudios tienen el objetivo fundamental de proteger la vida de los pobladores de las comunidades más pobres que se encuentren en situación de riesgo. Se trata de medir el grado de potencialidad o vulnerabilidad ante fenómenos naturales, por ejemplo, por eventos lluviosos extraordinarios, tales como deslizamientos de tierra como el ocurrido en el volcán Casitas.

Se espera que los resultados de estos estudios lleven a los gobiernos municipales y autoridades competentes a buscar nuevas herramientas y alternativas en la gestión de riesgos ante fenómenos naturales, de cara a la población con la que trabajan directamente, sin descuidar la garantía de una producción de alimentos suficiente para el alivio de sus necesidades.

Por otra parte, la sistematización de los estudios de desastres naturales se ha venido realizando con la incorporación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales se han convertido en una herramienta muy importante para la evaluación de las amenazas, la detección de la vulnerabilidad de una zona o región, y el riesgo mediante la combinación rápida de un conjunto de variables edáficas, climáticas, geológicas y antrópicas.

El presente estudio tiene por objetivo, zonificar las áreas potencialmente vulnerables ante el fenómeno de deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, a través de mapas indicativos que sirvan de insumo para la prevención y mitigación de desastres, y de esta manera salvaguardar las comunidades y la vida sus pobladores.

## METODOLOGÍA

La metodología utilizada tiene su fundamento lógico en el método heurístico geomorfológico, el cual consiste en la combinación de mapas temáticos calificados, con la ayuda de la herramienta SIG (Ruiz y Molina, 2001). El procedimiento para la obtención del mapa de amenaza potencial de ocurrencia de deslizamiento se divide en dos partes: la primera encaminada a obtener el **mapa de susceptibilidad por factores intrínsecos** a la generación de fenómenos de remoción en masa, en donde se involucra información *geológica, de pendiente y de drenaje* y la segunda encaminada a obtener un **mapa de factores extrínsecos** que son contribuyentes o **detonantes**, en donde se tiene en cuenta el uso potencial y el actual del suelo (conflicto de uso), el clima, la erosión y la existencia de vías de comunicación (carreteras) que puedan contribuir con tales eventos.

**Susceptibilidad a los Deslizamientos por Factores Intrínsecos.** El mapa de susceptibilidad por factores intrínsecos resulta de la combinación de las coberturas

temáticas que contribuyen a la generación de fenómenos de deslizamientos de tierra, los cuales se superponen (multiplicación) hasta obtener las áreas que son potencialmente vulnerables

Este mapa se obtiene mediante la superposición de los mapas de conflicto de uso del suelo, erosión estimada y del clima; cada una de estas coberturas es calificada según la definición de los niveles de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra, los cuales son: muy bajo, clasificación 1, bajo, clasificación 2, moderado, clasificación 3, alto, clasificación 4 y muy alto, clasificación 5 (Ruiz y Molina (2001).

**Mapa de densidad de drenaje.** La red de drenaje se obtiene de los mapas topográficos y del análisis de imágenes de satélite Lansat del 2000. Se genera con la división del área del municipio en micro-cuencas, mediante el cálculo de la densidad de drenaje en cada una de estas unidades a través la formula:

$$Dd = Lc / A,$$

Donde:  $Dd$  = Densidad drenaje de la micro-cuenca  
 $Lc$  = Longitud total de todas las corrientes de la micro-cuenca.  
 $A$  = Área total de la micro-cuenca

La susceptibilidad a deslizamientos es inversamente proporcional a la densidad de drenaje; es decir a **mayor densidad de drenaje** en una micro-cuenca **menor susceptibilidad** a los deslizamientos, mientras que a una **menor densidad de drenaje** por micro-cuenca corresponde una **mayor susceptibilidad** a los deslizamientos. Se asume que a mayor evacuación del agua por escorrentía superficial, hay menos probabilidad de que ocurran deslizamientos de tierra.

**Mapa de unidades litológicas y densidad de fracturamiento.** La litología superficial del municipio se obtiene de los mapas geológicos nacionales de Catastro (Catastro, 1971). Las unidades litológicas fueron calificadas de acuerdo a las características físicas de las formaciones geológicas, principalmente su permeabilidad, de manera que la unidad litológica que presente mayor inestabilidad será la más susceptible a ocasionar deslizamientos y viceversa.

La geología del municipio de La Conquista, consiste de rocas de la formación geológica las Sierras (en la parte norte del municipio). Rocas sedimentarias de la formación Brito (parte media) y de Rocas intrusivas ácidas (graníticas) en la parte más al sur oeste del mismo.

Este mapa de litología afectada por fracturamiento se obtiene mediante la superposición del mapa de densidad de estructura o fallas y el mapa de unidades litológicas. Se califica de acuerdo a la influencia de las fallas por unidades litológicas, con sus niveles de susceptibilidad a deslizamientos, de manera que los valores más altos corresponden a la litología más inestable y con mayor densidad de estructuras o fallas, obteniéndose un mapa con cinco niveles de susceptibilidad a generar deslizamientos.

Las principales fallas geológicas del municipio se recopilieron de los mapas geológicos de Catastro (Catastro, 1971). El mapa de densidad estructural se generó considerando las unidades geológicas y mediante el cálculo de la densidad estructural en cada una de estas unidades. El cálculo se hizo mediante la siguiente formula:

$$De = Le / A$$

Donde:  $De$  = Densidad estructural de la micro cuenca  
 $Le$  = Longitud total de todas las estructuras o fallas en la micro cuenca.  
 $A$  = Área total de la micro cuenca

Cuadro 2. Factor densidad de drenaje de las microcuencas municipio La Conquista.

Microcuencas	Área (km <sup>2</sup> )	Longitud de las corrientes (m)	Densidad de drenaje (m/km <sup>2</sup> )	Susceptibilidad a deslizamientos
Río Acayo	14	2288	Alta	4
Río Guabillo	2	2344	Muy Alta	5
Río Tecomapita	14	1764	Moderada	3
Río El Naranjo	4	2045	Muy Alta	5
Río Ochomogo	7	1377	Alta	4
Río La Flor	4	1472	Alta	4
Río Gigante-Cacalojoche	28	1829	Moderada	3
Río Conquista- Recogedero	16	2444	Moderada	3

Cuadro 3. Factor formaciones geológicas y su aporte a los deslizamientos de tierra

Formación Geológica	Características	Susceptibilidad a deslizamientos
<i>Las Sierras</i>	La parte correspondiente a este municipio está compuesta principalmente de toba andesítica-dacítica, toba aglomerática y toba lítica, muy permeables, originando suelos de moderada a alta permeabilidades en diferentes porcentajes de pendientes.	Baja
<i>Brito</i>	Esta formada principalmente de rocas sedimentarias tales como areniscas, aglomerados tobáceos, calizas y margas, es la formación más grande que cubre el municipio.	Moderada
<i>Rocas intrusivas</i>	Consiste principalmente de granitos y grano dioritas impermeables; la parte meteorizada forma suelos superficiales de grano grueso en las laderas y profundos en la parte estable.	Muy Alta

Fuente. Interpretación propia (2007)

Cuadro 4: Densidad de estructuras por formación geológica y su susceptibilidad a los deslizamientos.

Formación geológica	Área (km <sup>2</sup> )	Longitud total de fallas por área (m)	Susceptibilidad a deslizamientos
Formación Las Sierras (Qps)	25.2	1515.1	2 (Baja)
Formación Brito (Teb)	50.6	3373.3	3 (Moderada)
Terciario Intrusivo Ácido (Tii)	13.7	4848.5	5 (muy Alta)

Fuente. Interpretación propia (2007)

**Mapa de pendientes** el mapa de pendientes se elabora a partir del mapa topográfico a escala 1:50 000, para lo cual se digitalizan las curvas a nivel con espaciamento cada 20 metros. De estas curvas se elaborará un modelo de elevación digital del terreno, y de éste se elabora y califica el mapa de pendiente usando la escala como se describe en el cuadro 5. El mapa de pendientes generado se reclasifica en cinco niveles de susceptibilidad para los deslizamientos de tierra, en donde el valor alto y muy alto corresponde a las pendientes mayores de 15%.

Los intervalos de pendiente más frecuentes en el municipio son los de 15 a 30%, los que ocupan un área de 34.5 km<sup>2</sup> para un 37.2%. Están ubicados desde la parte media hacia el sur del mismo donde el paisaje se hace más colinado escarpadas con alturas de más de 500 msnm. El intervalo de 8 a 15% ocupa un área de 16.5 km<sup>2</sup> para un 17.8%. Cobra vital importancia que las pendientes que oscilan de 30 a 45% ocupan un área de 12.4 km<sup>2</sup> y un porcentaje de 13.3%, están ubicadas en la parte sur del municipio, siendo estas áreas la de mayor susceptibilidad a los deslizamientos de tierra

Cuadro 5. Factor pendiente, formas del terreno y la susceptibilidad deslizamientos de tierra

Letra	Intervalo (%)	Forma del terreno	Nivel de susceptibilidad	Calificación
A	0-2	Plano casi plano	Muy bajo	1
B	2-4	Suavemente inclinado	Bajo	2
C	4-8	Inclinado	Moderado	3
D	8-15	Moderadamente escarpado	Moderado	3
E	15-30	Escarpado	Alto	4
F	30-45	Muy escarpado	Muy alto	5
G	>45	Extremadamente escarpado	Muy alto	5

Fuente. Interpretación propia (2007)



**Mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra por los Factores Intrínsecos.** Elaborados y calificados los mapas antes señalados, se realizó una sobre posición de los mismos para obtener el mapa de susceptibilidad a deslizamientos por los factores intrínsecos (Figura 1).

En este mapa queda de manifiesto la susceptibilidad de las características propias del municipio a los deslizamientos de tierra. Aproximadamente el 13% del área total presenta de alta a muy alta vulnerabilidad. Éstas áreas se concentran principalmente en áreas con pendientes mayores de 30%, alta densidad de estructuras, rocas impermeables y baja densidad de drenaje.

Las áreas con moderada susceptibilidad a los deslizamientos de tierra cubren un área de más de 34% en la parte media. Muestra que hay posibilidades de riesgo de deslizamiento con la activación de cualquier factor detonante, por lo que no hay que menospreciar la atención a dichas áreas.

Cabe destacar que la mayoría de las áreas de alta a muy alta vulnerabilidad a los deslizamientos corresponden a zonas deprimidas desde el punto de vista socioeconómico. Sus habitantes cuentan con casas humildes

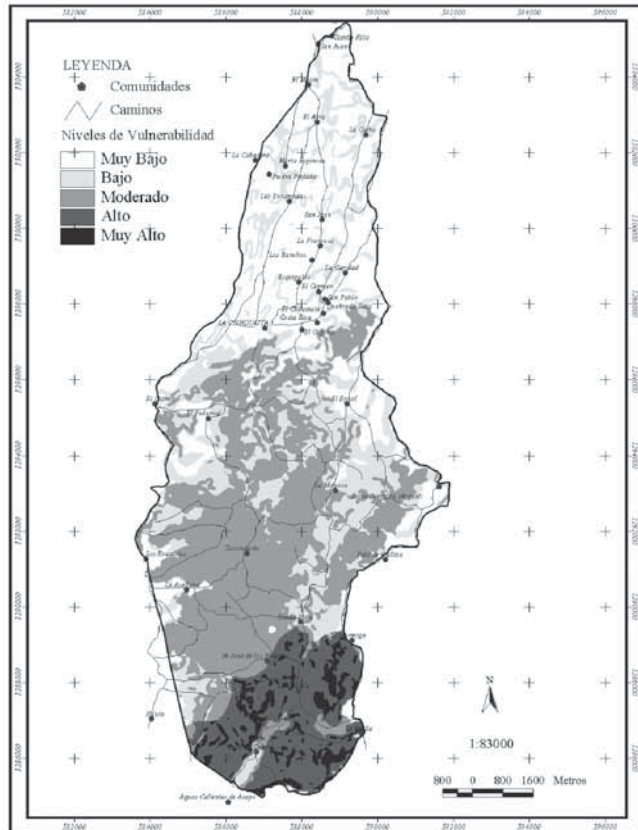


Figura 1. Mapa de vulnerabilidad a deslizamientos de tierra por factores intrínsecos.

construidas principalmente al pie de las laderas o a mitad de la pendiente, lo cual incrementa la vulnerabilidad ante cualquier evento extraordinario que active los factores detonantes.

**Susceptibilidad a deslizamientos por los factores detonantes o extrínsecos.** Este mapa se obtiene mediante la superposición de los mapas de conflicto de uso del suelo, erosión estimada y del clima. Cada una de estas coberturas es calificada según el cuadro 1.

**Mapa de erosión estimada de suelos.** El método utilizado para el cálculo de la pérdida de suelos fue la **Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS)** ideado por Wischmeier y Smith. Cuando se trabaja a nivel de cuencas, es el método que mejor se adapta ya que recoge los principales parámetros físicos causantes de la erosión hídrica y presenta una menor complejidad en su aplicación (Mendoza, 2002).

Según Wischmeier y Smith, el valor de pérdida de suelo (A) es un indicador ambiental de extrema utilidad, ya que permite comparar diferentes zonas y realizar estudios temporales dentro de una zona determinada, y en definitiva, predecir y conocer la evolución del fenómeno de la erosión hídrica. La EUPS estima la cantidad de suelo perdido por unidad de superficie y tiempo, a través de relacionar seis factores que a continuación se describen.

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde: A = Pérdida de suelo promedio anual en [t/ha/año]

R = Erosividad de las lluvias en [MJ/ha\*mm/hr]

K = Erodabilidad del suelo en [t/haMJ\*ha/mm\*hr]

LS = Topografía (longitud-inclinación de la pendiente), adimensional

C = Ordenación de los cultivos (cobertura vegetal), adimensional

P = Prácticas de conservación, adimensional.

Para el cálculo se distinguen dos tipos de información, que dependen de su evolución en el tiempo. Por una parte, la información sin variación (estática) que son las correspondientes al relieve del terreno (LS) y la que describe las características de los suelos (K). Para estas, sus dinámicas temporales son lo suficientemente lentas como para experimentar cambios considerables en períodos cortos de tiempo. Por otra parte, la información meteorológica (R) y la de usos y coberturas vegetales del suelo (C), que son consideradas dinámicas en el tiempo, especialmente la primera, que presenta cambios temporales y espaciales muy frecuentes.

El grado de erosión es considerado como un factor detonante o contribuyente a la ocurrencia de fenómenos de deslizamientos. Sin embargo, los valores de erosión (cuadro 6) son calificados de forma inversa al grado de

erosión existente, asignándole un valor de 5 a aquellas áreas que presentan un nivel muy bajo de erosión y 1 a aquellas que presentan un nivel muy alto de erosión.

Cuadro 6. Factor erosión y su aporte al fenómeno de deslizamientos de tierra

Clasificación	Pérdida de suelos (ton/ha año) (FAO, 1987)	Área (km <sup>2</sup> )	Susceptibilidad a Deslizamientos
Ligera (Normal)	< 10	0.78	5 (Muy Alta)
Moderada	10-50	1.14	4 (Alta)
Alta	50-200	6.67	3 (Moderada)
Muy Alta	> 200	80.79	2 (Baja)

Fuente. Interpretación propia (2007)

**Mapa de conflictos de uso de los suelos.** El mapa de conflictos de uso de la tierra es generado a partir de la superposición del mapa de uso actual y el mapa de uso potencial de los suelos. El resultado es un mapa de conflicto que refleja el buen o mal uso de este recurso. El grado de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra es calificado tal como se muestra en el cuadro 7.

Entre mayor sea el conflicto de uso definido, mayor será la susceptibilidad a que se presenten deslizamientos de tierra. Los diferentes niveles de conflictos de usos son una calificación de la intervención del hombre sobre el paisaje y puede ser traducido en factor detonante de tipo antrópico.

Cuadro 7. Descripción de los conflictos de uso y su aporte a deslizamientos de tierra

Conflicto de Uso	Descripción	Susceptibilidad a deslizamientos
Muy Bajo	Cuando el uso actual corresponde con la capacidad de uso de la tierra o uso potencial	1
Bajo	Cuando el tipo de suelo puede llegar a tener este uso potencial pero con algunas limitaciones	2
Moderado	El uso potencial del suelo presenta limitaciones marcadas para el uso o usos que se estén practicando	3
Alto	Cuando se está cultivando tierras cuyo potencial no es agrícola (por ejemplo clase VI) y que mas bien lo que debería de tener es una cubierta vegetal protectora o áreas boscosas manejadas	4
Muy Alto	Cuando las tierras son muy escarpadas y se practica agricultura; estas tierras deberían ser áreas de protección o bosques sin intervenir	5

Fuente. Interpretación propia (2007)

La contribución de los conflictos de uso de la tierra como aporte antrópico a los deslizamientos de tierra es fundamental. El municipio presenta un 35% de su área como áreas de alto y muy alto nivel de conflictos de uso de la tierra. Esto quiere decir que el uso del suelo esta siendo sobre explotado o se está usando por encima de su capacidad productiva, lo cual resulta muy significativo para un municipio pequeño y evidencia los niveles de pobreza y el riesgo a los desastres que puedan suscitarse en el futuro inmediato. La agricultura migratoria sobre suelos frágiles de laderas incrementa la susceptibilidad a los deslizamientos y esto contrasta con las áreas más pobres del municipio.

**Mapa de clima.** El mapa de clima también es calificado de acuerdo al nivel de amenaza por inestabilidad, considerando al clima seco como el nivel de amenaza mas bajo, por cuanto se presenta menor precipitación. El nivel de amenaza se incrementa con clima húmedo, el cual se tiene como el nivel más alto de amenaza.

De acuerdo al clima del municipio La Conquista, el grado de amenaza se ha considerado como moderado para una precipitación promedio de 1 350 mm/año, en 30 años de registro de la estación meteorológica de Campos Azules. Por otro lado, es alta para una precipitación pro-

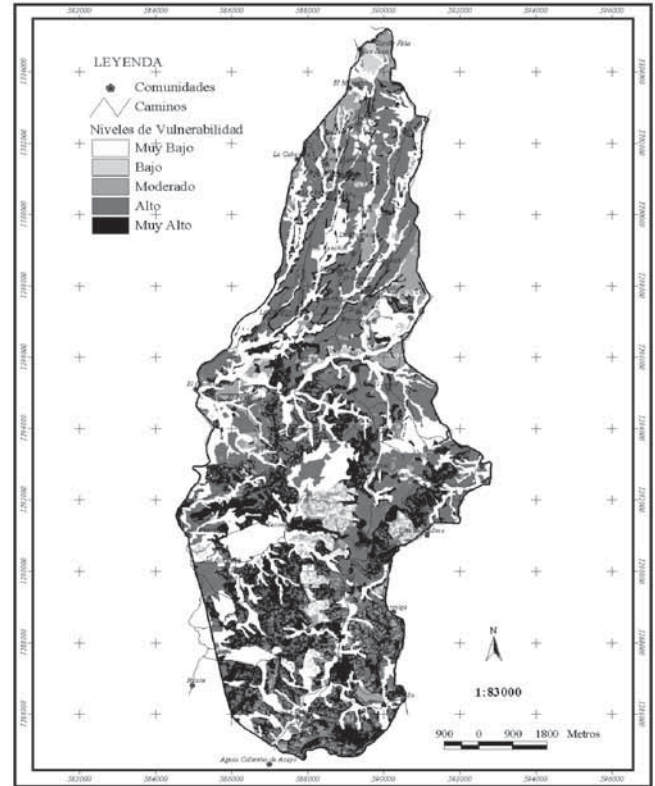


Figura 2. Mapa de vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra por factores extrínsecos.

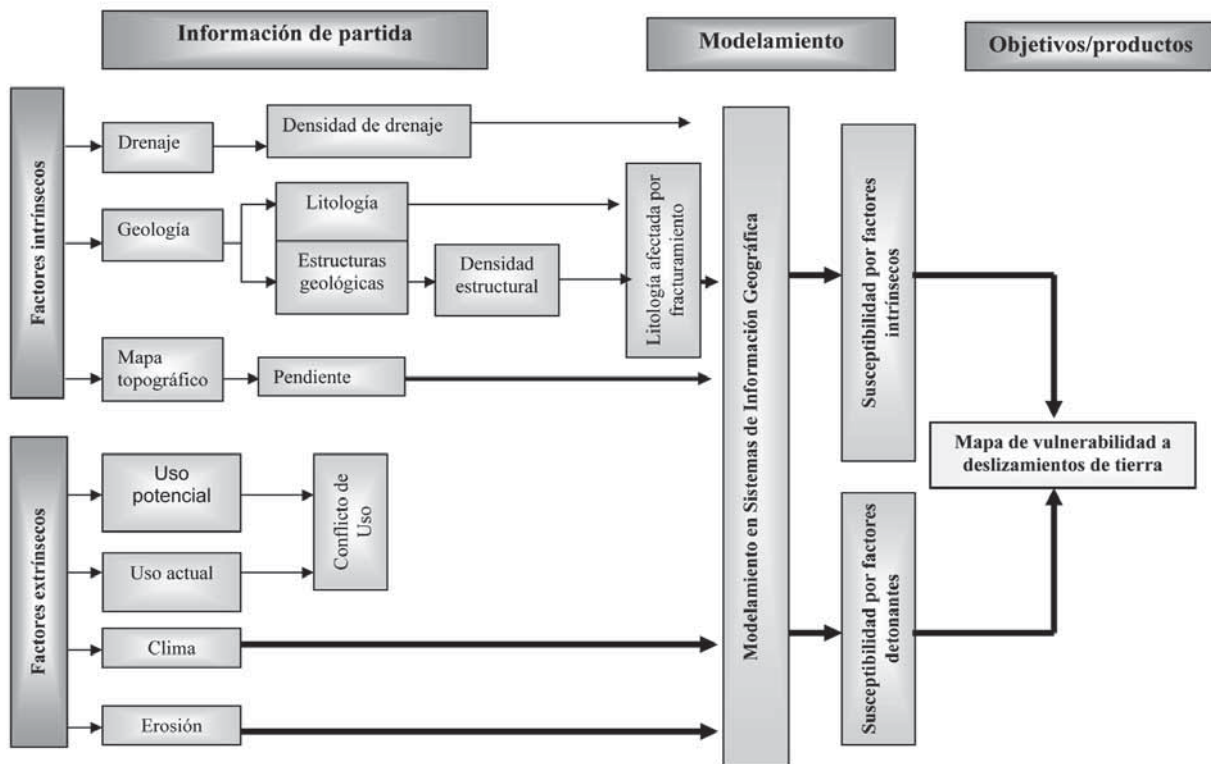


Figura 3. Modelo conceptual para la determinación del potencial a deslizamientos de Tierra (modificada de Ruiz y Molina, 2001).

medio de 1 410 mm/año en el mismo periodo de registro en la estación meteorológica de Nandaime.

Los registros de precipitación de mayor intensidad se presentan en los meses de septiembre y octubre, y pueden alcanzar cifras de hasta 70 mm/30 minutos, lo que hace que la vulnerabilidad a deslizamientos de tierra a estos eventos de precipitación extraordinarios sea de alto riesgo.

**Mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra de los factores extrínsecos.** Una vez calificadas todas las coberturas de los diferentes factores considerados en este acápite, se realizó una sobre posición de éstas obteniéndose el mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra de los factores extrínsecos.

El mapa de los factores detonantes muestra que aproximadamente el 57% del área total del municipio muestra vulnerabilidad alta a muy alta. Esto tiene un enorme significado dado que el uso de la tierra y la precipitación son factores detonantes de mucho peso para las condiciones del municipio.

El factor precipitación juega un papel preponderante dado que en apariencia el municipio de la Conquista está en una zona seca. Sin embargo, la distribución de la precipitación es irregular de mayo a julio y se hace muy significativa en septiembre y octubre. Los valores de precipitación se incrementan en estos dos meses lo que aumenta el grado de saturación de los suelos en este período y a su vez la vulnerabilidad a los deslizamientos.

## RESULTADOS

**Mapa de vulnerabilidad potencial a deslizamientos de tierra.** Luego de haber estimado la susceptibilidad a los deslizamientos de tierra por los factores intrínsecos e extrínsecos se aplicó el modelo conceptual (Figura 3), que contempla ambos factores que intervienen en el fenómeno. En el modelo se muestran todos los procedimientos que incluyen operaciones y tratamiento de datos en ArcView® 3.1, mediante los cuales fueron procesadas y calificadas cada una de las coberturas, hasta generar los mapas de susceptibilidad y amenaza por fenómenos de deslizamientos, para finalmente obtener el mapa de amenaza potencial a los deslizamientos (Figura 4).

Cabe destacar que una vez obtenido el mapa de áreas vulnerables a los deslizamientos de tierra (Figura 4), se hizo una comprobación de campo, para comparar el modelo con aquellas áreas del municipio que manifiesten procesos de deslizamientos ya ocurridos o que estén en proceso. Es decir, se busca indicios que corroboren que existen procesos de deslizamientos activos que puedan representar deslizamientos potenciales en el futuro, con

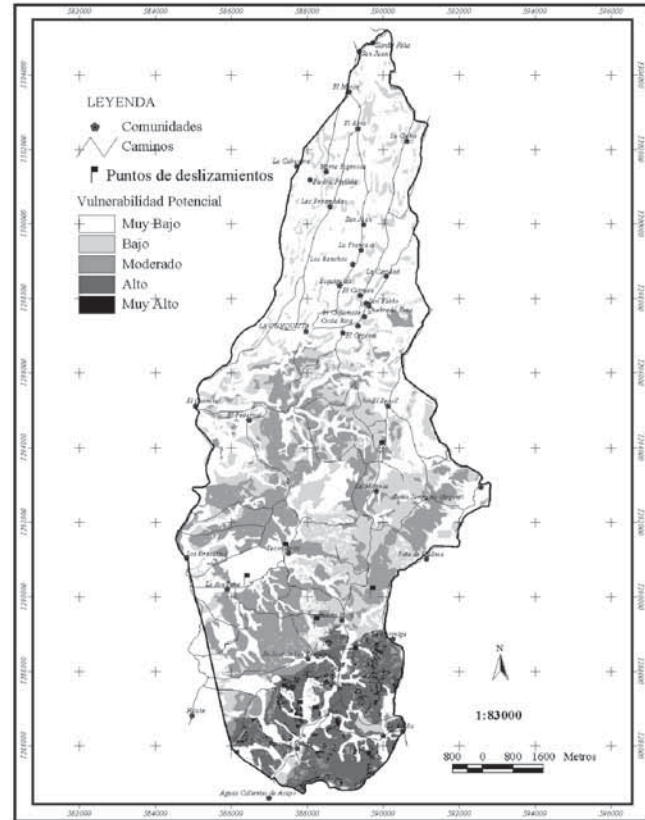


Figura 4. Mapa de vulnerabilidad a deslizamientos y registro de deslizamientos anteriores.

la activación de cualquiera de los factores detonantes en el área.

Los factores más influyentes en la determinación de las áreas potencialmente vulnerables son las siguientes: los conflictos de uso de la tierra (mal manejo de la agricultura, uso del suelo por encima de capacidad, geología poco permeable (rocas intrusivas graníticas), pendientes del terreno (48% del área son mayores de 15%) y sitios donde hay mayor densidad de fracturas.

Las áreas calificadas de alta y muy alta susceptibilidad representan aproximadamente el 9.3% del área total, El de moderada susceptibilidad es de 21.2% y de bajo a muy bajo es de más del 69.4%.

Los sitios de mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos son: los cerros La Pitilla, Los Placeres, y Paso La Solera, Cerro Huiste, San José de los Remates, La Chonca, y San Jorge. Los de moderada: Cerro El Tambor, Los Charcones, El Raizado, El Naranjo. Así como también Los Cerros El Pedernal, La Palmera, El Cargadero, Mata de Piñuela, El Quebrachal y Monte Oscuro. Estos últimos se encuentran sobre rocas de la formación geológica Brito, principalmente en laderas muy inclinadas con pendientes comprendidas entre los intervalos de 30 a 45% y mayores de 45%. Las comu-



nidades que se ubican en estas vecindades comprenden Los Gómez, El Jabillo y Las Lajitas.

Para la comprobación de las áreas vulnerables a los deslizamientos de tierra se realizaron recorridos de campo, con el objetivo de georeferenciar deslizamientos ocurridos en eventos anteriores o relacionados con el huracán Mitch en 1998. Se encontró más de siete huellas de deslizamientos (Figuras 5 y 6), dos de los cuales se encuentran en las cercanías de las comunidades la Avellana, Tecomapita, San José de los Remates y Paso la Solera, entre otros.

Estos eventos no causaron ningún daño humano, ya que no hay casas ni ninguna infraestructura en el sitio. Se trata de eventos pequeños en áreas con impacto reducido, con flujos pequeños de lodo y piedras. Los suelos de estas áreas son moderadamente profundos con muchas piedras sobre la superficie y dentro del perfil, los cuales están siendo usados actualmente con cultivos anuales y pastos.



Figura 5. Deslizamiento en las vecindades de La Avellana.



Figura 6. Deslizamiento en las vecindades Tecomapita e inclinación de la vegetación producto de la activación del deslizamiento.

También hay que destacar que aquí se evidencia que los fenómenos de deslizamientos están activos, ya que hay árboles que así lo manifiestan, tal como se observa en la figura 6.

Hay que destacar que la contribución de los factores intrínsecos o las condiciones de vulnerabilidad de los factores intrínsecos y la contribución de los factores detonantes, así como los eventos acaecidos anteriormente coinciden con las áreas potencialmente de moderada y alta vulnerabilidad. También, el mapa modelado nos muestra las áreas potenciales que deberían considerarse para la gestión y mitigación de riesgos.

La predicción de las áreas donde pueden ocurrir los deslizamientos de tierra, está directamente relacionada con los problemas ambientales que ha sufrido el municipio, tales como la deforestación en laderas y tierras con pendientes moderadamente escarpadas a muy escarpadas y la utilización de la tierra por encima de su capacidad natural. Hay un alto grado de confiabilidad del mapa modelado y la realidad encontrada en el campo.

En las zonas clasificadas como de alta a muy alta vulnerabilidad a los deslizamientos, se hace necesaria su recuperación, a través de técnicas de conservación de suelos y de regeneración natural, con el fin de brindar una mejor cobertura a los suelos frágiles. La exposición a los factores detonantes de estas áreas hace que la amenaza a los deslizamientos sea más latente en el corto plazo.

En la figura 7, se hace acercamiento de las comunidades y casas que se encuentran en los sitios de mayor vulnerabilidad a ser afectadas por eventos de deslizamientos. Aunque algunas de las casas no están estrictamente sobre las áreas de mayor vulnerabilidad, como es el caso de la comunidad Paso La Solera, algunas se encuentran ubicadas en los márgenes de las laderas, por lo que no están exentas de poder ser afectadas por dicho fenómeno.



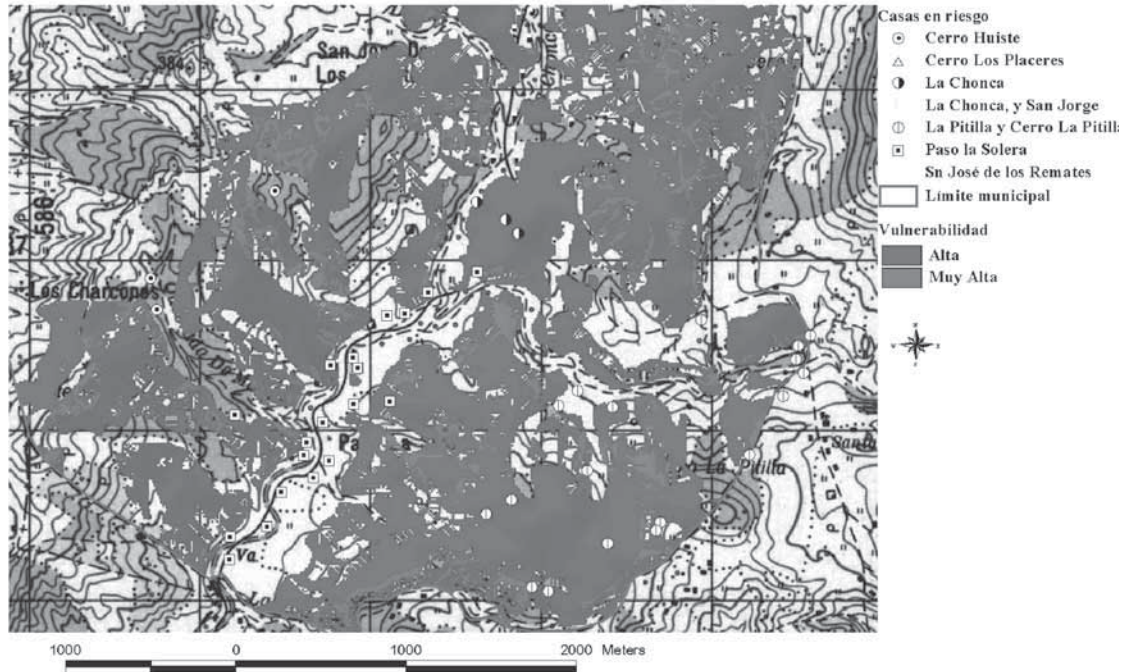


Figura 7. Casas en riesgo en las comunidades del municipio La Conquista.

## CONCLUSIONES

La agricultura y el sobre pastoreo que se practica en suelos marginales de laderas que implican cambio de cobertura y explotación del suelo más allá de su capacidad natural, son factores determinantes que dan mayores probabilidades de que ocurran fenómenos de deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista.

El relieve y la geología de la parte sur, sur-oeste del municipio son también factores determinantes en las áreas de mayor susceptibilidad a los deslizamientos de tierra, anotando que son las comunidades asentadas ahí las más distantes para el gobierno local, lo que implicarían mayor costo de gestión del riesgo. Las zonas cali-

ficadas de alta y muy alta vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra corresponden principalmente a áreas de laderas de los cerros más importantes del municipio. Son éstas mismas áreas en donde se han registrado eventos anteriores, lo cual corrobora que al darse eventos de lluvias extraordinarios, pone en riesgo a la población que vive en las inmediaciones de éstas áreas.

El uso de los sistemas de información geográfica (SIG), para la evaluación de deslizamientos de tierra son de gran utilidad. Los resultados obtenidos son comparativamente válidos y validables con la realidad observada en el campo, y se convierten en una herramienta de gran utilidad para la prevención y mitigación de desastres.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUÑA. E; AGUIRRE. C; OROZCO. M; Y ZELAYA. C.** 2006. Diagnostico de los suelos, vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra y recursos hídricos superficiales en el municipio de Santa Teresa, Carazo. Memorias Proyecto Sur-Oeste, GTZ. Nandaime, Nicaragua.
- CATASTRO E INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES DE NICARAGUA.** 1971. Levantamiento de los suelos de la región pacífica de Nicaragua; parte I uso y manejo de suelos. Managua, Nicaragua
- RUIZ P. G Y MOLINA L. J.** 2001. Aplicación de SIG en la Evaluación de la Amenaza Relativa por Fenómenos de Remoción en Masa en el Municipio de El Líbano, Tolima. Grupo Editorial Gaia, Colombia. 111 p.
- MENDOZA F.** 2002. Integración de SIG y MDT para predicción de erosión hídrica actual y potencial en un distrito de riego proyectado en zonas de ladera. Universidad distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. 103 p.
- ZINCK J. A.** 1996. Susceptibilidad de los Suelos a la Remoción con Referencia Espacial a las Montañas Tropicales Húmedas. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences ITC. Netherlands. 48 p.